

3. Ящук, И. Р. Синтез компоновок зажимных патронов эвристическими методами с использованием нейронных сетей / И. Р. Ящук, С. Б. Паньков, А. В. Литвин // Современные проблемы машиноведения : материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. П. О. Сухому), Гомель, 22–23 нояб. 2018 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Фил. ПАО «Компания «Сухой» ОКБ «Сухого» ; под. общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – С. 40–42.

УДК 621.98.04

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИЗГИБА СО СЖАТИЕМ УПРОЧНЕННЫХ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. А. Томило, М. Л. Нестерович

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

При изготовлении кузовов бронированных автомобилей часто находят применение упрочненные листовые материалы. Их особенность состоит в том, что они имеют высокую твердость, предел текучести σ_T и предел прочности σ_0 . Однако в большинстве случаев увеличение прочности материала сопровождается снижением его пластических свойств. В этой связи, упрочненные листовые материалы плохо поддаются операциям холодной штамповки. При изгибе таких листовых материалов имеет место образование трещин вдоль линиигиба.

Для предупреждения образования трещин вдоль линиигибки возможно применять силовую интенсификацию. В этом случае изменяется механическая схема деформации, что возможно при нагружении очага деформации дополнительными видами нагрузок. Так, один из способов силовой интенсификации при изгибе – сжатие с торцов заготовки. В результате сжатия нейтральный слой в заготовке становится фиктивным и перемещается ближе к наружной поверхности заготовки [1]. Схема напряженного и деформированного состояния при изгибе со сжатием показана на рис. 1.

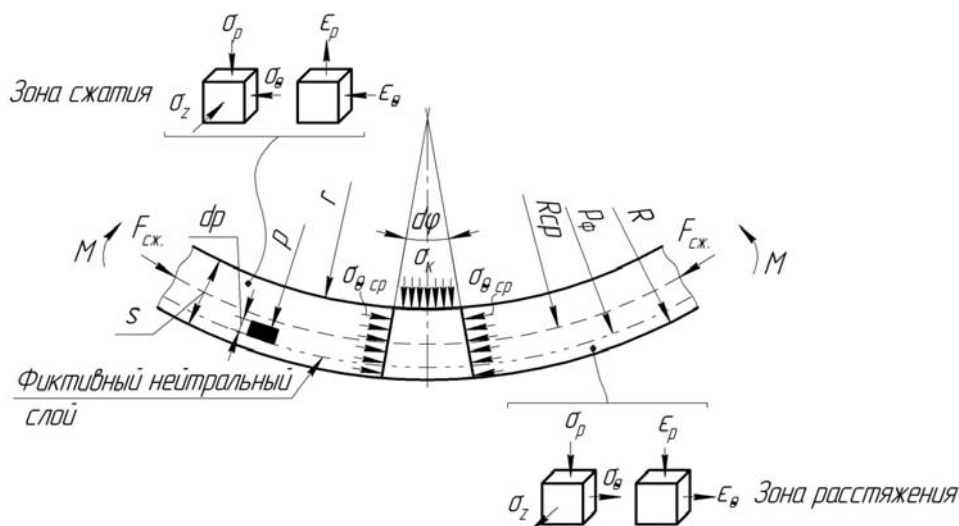


Рис. 1. Схемы напряженного и деформированного состояний при изгибе со сжатием

После совместного решения уравнения пластичности и уравнения равновесия получаем выражения для распределения напряжений. Для зоны сжатия:

$$\begin{cases} \sigma_p = -\sigma_T \ln \frac{\rho}{r} + \sigma_k; \\ \sigma_\theta = -\sigma_T \left(\ln \frac{R}{\rho} + 1 \right) + \sigma_k. \end{cases} \quad (1)$$

Для зоны растяжения:

$$\begin{cases} \sigma_p = -\sigma_T \ln \frac{R}{\rho}; \\ \sigma_\theta = \sigma_T \left(1 - \ln \frac{R}{\rho} \right), \end{cases} \quad (2)$$

где σ_k – контактные напряжения со стороны пуансона, необходимые для соблюдения условий равновесия.

С учетом равенства тангенциальных напряжений для зоны растяжения и сжатия положение нейтрального слоя можно найти по формуле [1]:

$$\rho_\phi = \sqrt{Rr \exp\left(\frac{\sigma_k}{\sigma_T}\right)}. \quad (3)$$

Связь между сжимающими напряжениями $\sigma_{\text{ср}}$ и напряжениями σ_k :

$$\sigma_k = \sigma_{\text{ср}} \frac{s}{r}. \quad (4)$$

Если проанализировать формулы (3) и (4), то можно сделать вывод, что с ростом сжимающих напряжений $\sigma_{\text{ср}}$ радиус фиктивного нейтрального слоя также будет изменяться в большую сторону и при достижении значения $\sigma_{\text{ср}} = \frac{\sigma_T r}{s} \ln \frac{R}{r}$ выйдет на наружную поверхность заготовки, а зона растяжения будет отсутствовать. В результате изгиб будет происходить только с напряжениями сжатия в тангенциальном направлении. Сжатие в тангенциальном направлении будет препятствовать удлинению и растяжению наружных слоев заготовки и, таким образом, препятствовать образованию трещин вдоль линии гибки. Реализовать такую схему изгиба можно способами, предложенными авторами [2], [3].

В условиях ОАО «МЗКТ» при изготовлении кузовов бронированных автомобилей нашла применение высокопрочная сталь Miilux Protection 500 с $\sigma_T = 1250$ МПа, $\sigma_\theta = 1600$ МПа, твердость 480–560 НВ. На производстве при изготовлении деталей из таких сталей приходится прибегать к сварному варианту. Это связано с тем, что по рекомендациям производителя данные стали, во избежание образования трещин, возможно изгибать только относительно большими радиусами $r = (6-8)s$ [2]. Большой радиус в детали снижает жесткость изогнутых элементов, что может негативно сказаться на общей жесткости собираемой конструкции. Поэтому разработка технологии гибки стали Miilux Protection 500 на радиус, равный толщине материала ($r = s$), является актуальным вопросом и позволит в конечном

40 Секция 1. Современные технологии проектирования в машиностроении

итоге сократить большое количество сварных швов при изготовлении кузовов броневых автомобилей.

С целью проверки теоретических основ изгиба со сжатием в условиях ОАО «МЗКТ» был проведен эксперимент по схеме, изображенной на рис. 2. Суть его заключается в следующем: во фрезерованный паз подложки из листового проката ($S = 12$ мм, сталь 09Г2С ГОСТ 19281–2014, класс прочности 345) устанавливали сегмент толщиной $S = 4$ мм из стали Miilux Protection 500. Далее подложку вместе с сегментом укладывали на матрицу листогибочного пресса сегментом вверх и изгибали радиусом пуансона $r = 4$ мм. При такой толщине подложки сегмент из стали Miilux Protection 500 неминуемо изгибается в условиях тангенциального сжатия.



Рис. 2. Результат эксперимента изгиба сегмента из стали Miilux Protection 500 в условиях тангенциального сжатия

Изогнутый сегмент, полученный в результате эксперимента, проверяли на наличие дефектов вдоль линии гибки с помощью системы рентгенотелевизионного контроля. Фотография исследования представлена на рис. 3.



Рис. 3. Рентгенограмма сегментов из стали Miilux Protection 500

Светлая линия на фотографии, полученной в результате рентгенотелевизионного исследования – линия гибки. Из рисунка видно, что дефекты вдоль линии гибки отсутствуют.

Следовательно, изгиб с тангенциальным сжатием способствует получению деталей из упрочненных листовых материалов, что объясняется теоретическими выкладками и подтверждается результатами экспериментов.

Разработка технологии гибки по способам, предлагаемыми авторами [2], [3] в перспективе позволит уйти от большого количества сварных соединений, что в конечном итоге скажется на прочностных и эстетических характеристиках готового изделия.

Литература

1. Попов, Е. А. Основы теории листовой штамповки : учеб. пособие для вузов / Е. А. Попов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1977. – 278 с. : ил.
2. Клубович, В. В. Технология гибки высокопрочных сталей / В. В. Клубович, В. А. Томило, М. Л. Нестерович // *Металлургия : респ. межведомств. сб. науч. тр. / редкол.: И. А. Иванов (гл. ред.) [и др.]*. – Минск : БНТУ, 2019. – Вып. 40. – С. 212–220.
3. Томило, В. А. Технология и инструмент для гибки листов из высокопрочных сталей / В. А. Томило, М. Л. Нестерович // *Литье и металлургия*. – 2020. – № 1. – С. 50–55.

УДК 004.942:532

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ГИДРОПРИВОДА ПИТАЮЩЕГО АППАРАТА И АДАПТЕРА КОМБАЙНА В СРЕДЕ FLUIDSIM

В. В. Артемьев, Ю. А. Андреев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Современные гидравлические приводы являются сложными мехатронными системами, при проектировании которых необходимо учитывать работу самого гидравлического привода, систему электронного управления, кинематику и динамику движения машины. Создание нового технического объекта – сложный и длительный процесс, в котором стадия проектирования имеет решающее значение в осуществлении замысла и достижении высокого технического уровня. Моделирование является одним из важнейших этапов проектирования любого технического объекта, в том числе и современных гидравлических систем, позволяя заменить или значительно сократить этапы наладки и натурных испытаний [1].

Имитационное моделирование позволяет решить задачи управления, регулирования, статики, кинематики, динамики и энергетики гидравлических механизмов с единых методических позиций и представляет собой объединяющее ядро расчетного комплекса.

Программа FluidSim представляет собой программное обеспечение для моделирования работы и управления системами гидропривода. Программа была разработана компанией Festo Didactic с целью конструирования схем гидропривода и гидроавтоматики с ручным, электрическим и электронным управлением [2].

Целью работы является применение современных прикладных программ проектирования для сокращения сроков исследовательской работы на начальных этапах проектирования изделия на примере программы FluidSim.

Объекты и методы исследований. Объектом исследования являлась разработка имитационной модели привода питающего аппарата и адаптера комбайна КВК-800 (рис. 1, а) и возможность применения программного пакета FluidSim 5 для предварительной оценки параметров системы.

Исполнительными механизмами данного гидропривода являются гидромотор привода питающего аппарата М1 и гидромотор привода адаптера М2.