

Литература

1. Гун Г.Я. Теоритические основы обработки металлов давлением: Теория пласиичности. / Под редакцией П.И. Полухина. - М.: Металлургия, 1980. 456 с.
2. Головин В.А., Брылеев В.Н., Пыжов В.В. Повышение технологической деформируемости заготовок при холодной и полугорячей объемной штамповке. / Разработка и совершенствование ресурсосберегающих технологических процессов производства заготовок и деталей. М.: МАМИ, 1987. с. 12 – 19.

Упругий изгиб биметаллического листа

к.т.н. доц. Типалин С.А., к.т.н. проф. Шпунькин Н.Ф., Колесов А.В.

Университет машиностроения
(495) 223-05-23 доб. 1113, ti@mami.ru

Аннотация. Рассмотрен упругий изгиб листа с различными свойствами слоев. Выведена зависимость для определения расстояния от нейтрального слоя до границы раздела металлических слоев. Графически представлено изменение относительной величины нейтрального слоя в зависимости от свойств слоев материала и разной толщины слоев деформируемого листа.

Ключевые слова: биметалл, упругий изгиб металла, модуль упругости, нейтральный слой, свойства металла

Целесообразность использования биметаллов все шире подтверждается современным производством, ориентированным на выпуск конкурентоспособной продукции. Способность биметаллов сочетать в себе преимущества двух разнородных материалов способствует расширению их сфер применения [2-4, 6, 7, 11 - 13].

Детали из биметаллов в процессе обработки претерпевают различную деформацию в упругой и пластической областях. Однако из-за разности в свойствах материалов и соединительного слоя необходимо, чтобы возникающие в полученных деталях напряжения не превышали допустимые значения.

Изгиб материала является одной из самых распространенных операций в области обработки металлов давлением [1, 5, 8-10]. В процессе упругого изгиба биметаллического материала его продольные волокна испытывают растягивающие и сжимающие деформации, величина которых вычисляется по формуле

$$\varepsilon_0 = \ln \frac{\rho}{\rho_n}, \quad (1)$$

где: ρ_n - радиус слоя имеющего первоначальную длину ℓ .

Если изгиб происходит в однородном материале, то нейтральный слой с радиусом ρ_n в упругой области находится посередине листа:

$$\rho_n = \rho_{cp} = r + \frac{s_0}{2}$$

Однако если лист имеет неоднородную структуру по толщине, то положение этого слоя изменяется

$$\rho_n = r + \frac{s_0}{2} + e, \quad (2)$$

где: e – смещение нейтрального слоя.

Величина e может принимать как положительное, так и отрицательное значение.

В зависимости от свойств материала в упругой области и соотношения толщин составляющих биметаллического листа будут изменяться компоненты окружных деформаций ε_θ , напряжений σ_θ и, как следствие, изгибающий момент M , требующийся для изгиба листа по данному радиусу

$$\sigma_{\theta} = E \varepsilon_{\theta}, \quad (3)$$

$$M = \int_r^R \sigma_{\theta} \rho \, d\rho, \quad (4)$$

Если рассматривать изгиб без растягивающей или сжимающей лист силы (при $P_{\theta} = 0$), то можно записать:

$$\int_{\rho_n}^R \sigma_{\theta} \cdot d\rho = \int_r^{\rho_n} \sigma_{\theta} \cdot d\rho, \quad (5)$$

где: R и r – радиус наружного и внутреннего слоев листа соответственно.

Из данного соотношения, используя формулы (1 – 3) и производя замену $\varepsilon_{\theta y} \approx \frac{y}{\rho_n}$ (где y – текущая координата деформируемого волокна), можно найти величину смещения нейтрального слоя e .

Графическое представление распределения окружных напряжений при более высоком модуле Юнга E в верхнем слое показано на рисунке 1.

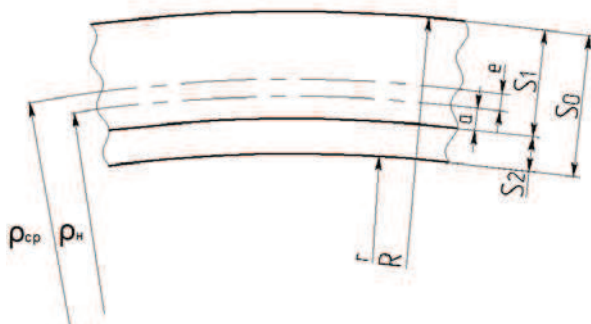


Рисунок 1. Графическое представление деформации биметаллической полосы при $E_1 > E_2$

Распределение окружных напряжений при различном расположении слоев показаны на рисунках 2 и 3.

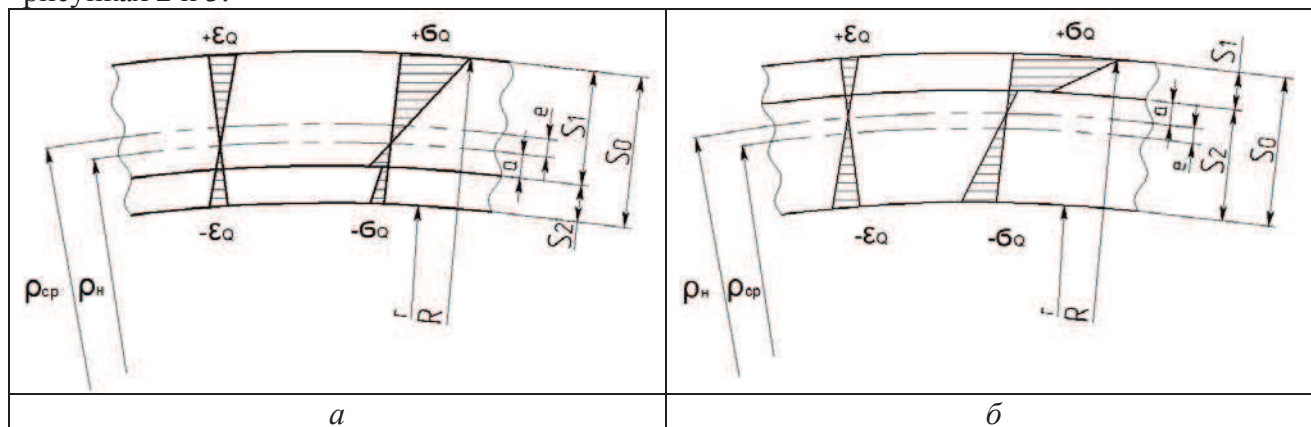


Рисунок 2. Варианты распределения окружных напряжений при различном расположении слоев с при соотношении $E_1 > E_2$: а - $S_1 > S_2$, б - $S_1 < S_2$

Суммируя окружные напряжения, возникающие в процессе изгиба, получим:

$$\frac{E_1 (s_1 - a)^2}{2\rho_n} = \frac{E_1 a^2}{2\rho_n} + \frac{E_2 (s_2 - a)^2}{2\rho_n} - \frac{E_2 a^2}{2\rho_n}, \quad (6)$$

где: a – расстояние от нейтрального слоя до разделительного слоя материалов.

Произведя замену, получим:

$$\frac{E_1}{E_2} = K, \quad (7)$$

и, выполнив преобразование, получим:

$$a = \frac{Ks_1^2 - s_2^2}{2(s_2 + Ks_1)}. \quad (8)$$

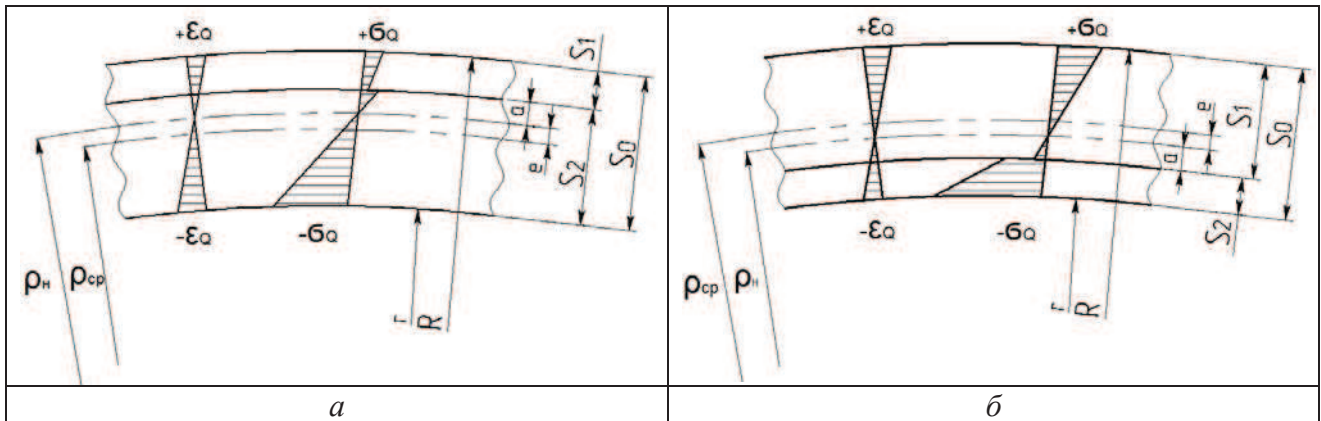


Рисунок 3. Варианты распределения окружных напряжений при различном расположении слоев с соотношением $E_1 < E_2$: а - $S_1 > S_2$, б - $S_1 < S_2$

Для вычисления безразмерного коэффициента $a_y = \frac{a}{s_2^2}$ удобно произвести замену:

$$n = \frac{s_1}{s_2}, \quad (9)$$

отсюда:

$$a_y = \frac{Kn^2 - 1}{2\left(\frac{1}{s_2} + \frac{Kn}{s_2}\right)}. \quad (10)$$

Изменение коэффициента a_y в зависимости от коэффициентов n и K визуальнo отображены на графике (рисунок 4) при допущении, что величина $s_2 = 0$.

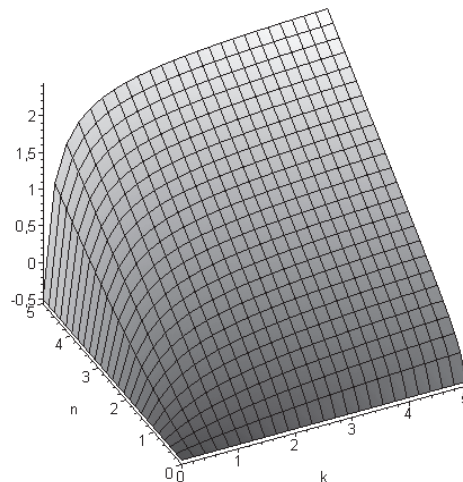


Рисунок 4. График изменения величины a_y от коэффициентов K и n

Как видно из рисунков 2 и 3, на границе слоев возникает скачок тангенциальных напряжений, который может привести к расслоению биметаллического листа при изгибе. Учитывая, что напряжение не должно превышать $[\tau_{ср}]$ для конкретного биметалла, можно записать:

$$\tau_{ср} = \frac{a (E_2 - E_1)}{r + \frac{S}{2} + e} < [\tau_{ср}] \quad (11)$$

Выводы

При упругом изгибе биметаллического листа наиболее опасным является скачок напряжений на границе соединения слоев материала. Так как качество биметаллического листа в большинстве случаев определяется свойствами соединительного слоя, то предельное допустимое напряжение не должно превышать критическую величину.

Литература

1. Давыдов В.И., Максаков М.П. Производство гнутых тонкостенных профилей методом профилирования на роликовых станках. – М.:Металлургиздат, 1959, 233 с.
2. Кобелев А.Г., Потапов И.Н., Кузнецов Е.В. Технология слоистых металлов. / Учебное пособие М.:Металлургия, 1991, 248 с.
3. Типалин С.А. Экспериментальное исследование процесса выдавливания технологической канавки в оцинкованной полосе. / Известия МГТУ «МАМИ» 2012 . № 2. Т. 2. с. 208-213.
4. Щедрин А.В., Ульянов В.В., Бекаев А.А., Скоромнов В.М., Ванюшкина М.С., Абрамова Т.Г., Хомякова Н.В., Чихачева Н.Ю. Совершенствование методов комбинированного протягивания тел вращения. / Вестник машиностроения. 2009. № 05. с. 36-40.
5. Лысов М.Н. Теория и расчет процессов изготовления деталей методами гибки / М. Машиностроение 1966, 236 с.
6. Саушкин Г.Б., Моргунов Ю.А. Электрохимическое нанесение информации на поверхность деталей машин. / Упрочняющие технологии и покрытия 2009 № 12. с. 45-49.
7. Митрюшин Е.А., Моргунов Ю.А., Саушкин С.Б. Унифицированные технологии изготовления штампов с применением электрофизических методов обработки. / Металлообработка 2010. № 2. с. 42-45.
8. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А., Гладков В.И., Никитин М.Ю. Исследование обтяжки с растяжением листового материала. / Известия МГТУ "МАМИ". Научный рецензируемый журнал. - М., МГТУ "МАМИ", № 1 (5), 2008. с. 206-212.
9. Типалин С.А. Исследование изгиба упрочненного оцинкованного листа. / Известия МГТУ «МАМИ», 2012. № 2., т. 2. с. 199-204.
10. Типалин С.А. Локализованный изгиб и скручивание оцинкованной полосы при формообразовании швеллера. Известия МГТУ «МАМИ», 2012. № 2, т. 2. с. 204-208.
11. Типалин С.А., Сапрыкин Б.Ю., Шпунькин Н.Ф. Краткий обзор многослойных листовых деформируемых материалов используемых для защиты от шума. / Известия МГТУ «МАМИ», 2012. № 2., т. 2, с. 194-199.
12. Филиппов Ю.К., Игнатенко В.Н., Головина З.С., Рагулин А.В., Анюхин А.С., Гневашев Д.А. Экспериментальное исследование течения металла при комбинированном процессе радиального и обратного выдавливания в конической матрице Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2011. № 9. с. 33-35.
13. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А. Исследование свойств многослойных листовых материалов. / Заготовительные производства в машиностроении. 2013 № 1, с. 28-31.

Упрочнение поверхностей изделий нанесением покрытий физико-химическим методом

к.т.н. проф. Шандров Б.В., доц. Филиппов В.В., Хомякова Н.В., Волков С.В.

Университет машиностроения
8(919)101-62-84, filkas@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается вопрос применения нового электролита на основе фосфата натрия для упрочнения наружных цилиндрических поверхностей деталей из алюминиевого сплава

Ключевые слова: повышение ресурса, износостойкость, изменение размера, микродуговое оксидирование, электролит

Физико-химические методы обработки изделий в настоящее время широко применяют-