

- университета. Серия: Технические науки. 2010. № 4-1. с. 108-115.
18. 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.
 19. Типалин С.А., Саприкин Б.Ю. Использование многослойных листовых конструкций для защиты от шума. / Сборник трудов международной научно-технической конференции. Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ) "Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров", посвященная 145-летию МГТУ "МАМИ", 2010. с. 146-147.
 20. Типалин С.А., Плотников А.С. Влияние клеевого соединительного слоя на процесс вытязки листового многослойного материала. / Автомобильная промышленность, 2012, № 6 с. 33-35.
 21. Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф., Никитин М.Ю., Шаргунов М.В. Экспериментальное исследование осесимметричной формовки двухслойных заготовок с неотвержденным промежуточным слоем. / Прогрессивные технологии и оборудование при обработке материалов давлением. // Научные труды Всероссийского Совещания обработчиков давлением «Формирование механизмов совместной деятельности кафедр вузов России по подготовке специалистов, развитие научно-методической и издательской работы в области пластического формообразования деталей из поликристаллических и аморфных материалов. Ульяновск 2007. с. 43-46.
 22. Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф., Никитин М.Ю., Типалина А.В. Экспериментальное исследование механических свойств демпфирующего материала. / Известия МГТУ «МАМИ», 2010. № 1. с. 166-170.
 23. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А., Никитин М.Ю. Листовой демпфирующий материал для кузовных деталей. Свойства при сдвиговой деформации. / Автомобильная промышленность, 2010, № 10, с. 39-40.

Исследование изгиба упрочненного оцинкованного листа

к.т.н. доц. Типалин С.А.

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

Аннотация. Выполнено численное исследование изгиба упрочненного листа. Получено графическое распределение возникающих в процессе изгиба напряжений. Проанализирован характер изменения изгибающего момента, и проведена экспериментальная проверка полученных данных.

Ключевые слова: изгиб, распределение напряжений, изгибающий момент, оцинкованный лист, упрочненный материал

Изгиб листового металла является наиболее распространенным способом обработки металлов давлением. Поэтому данному процессу пластической деформации посвятили свои работы многие видные исследователи, которые рассматривали пластический изгиб, осуществляемый либо только моментом (чистый изгиб), либо под действием момента и окружной силы. В большинстве случаев работы рассматривали материал, который первоначально не был упрочнен, либо накопленная материалом деформация близка к нулевому значению. Деформации изгиба предварительно упрочненного листа практически не уделялось должного внимания.

Необходимость в решении данной задачи возникла при рассмотрении локализованного изгиба в области технологической канавки-концентратора (рисунок 1), которая применяется для обеспечения минимального радиуса изгиба и ограничения ширины изгибаемого участка.

Для выполнения исследований использовался лист малоуглеродистой оцинкованной стали 08кп толщиной 0,64 мм.

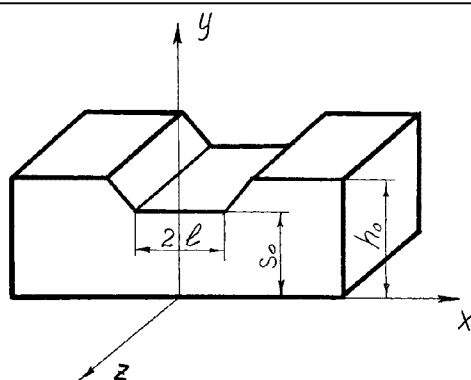


Рисунок 1 – Выдавленная технологическая канавка

Испытанием на одноосное растяжение образцов из данного материала выявлены их механические свойства и коэффициенты кривой упрочнения для аппроксимации зависимостью $\sigma = A \cdot (\epsilon_0 + \epsilon)^n$.

Таблица 1

s мм	σ_T МПа	σ_B МПа	δ %	A МПа	n	ϵ_0	r_a
0,64	217	401	43	704,2	0,28	0,015	0,91

Практический интерес представляет определение интенсивности деформации при относительной глубине внедрения $\frac{\Delta h}{h_0}$ равной 0,30 [1-2]. Такая величина относительной глубины внедрения является оптимальной, так как в этом случае изгиб происходит только в зоне канавки. Для данной глубины канавки интенсивность деформации составляет приблизительно 0,24. Это значение было получено экспериментально по методу твердости Дея.

Математическая модель, на основе которой были проведены теоретические исследования, представлена в работах [3-4].

Математическая модель, на основе которой были проведены теоретические исследования, представлена в работах [3-4].

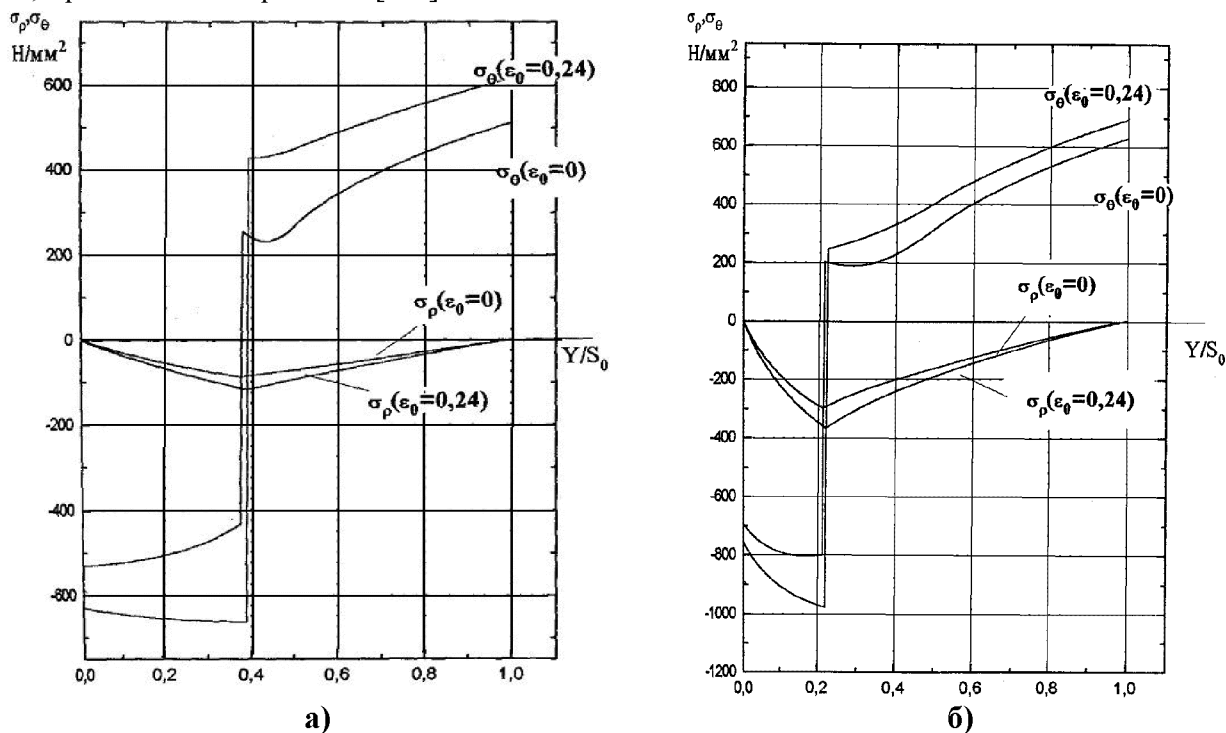


Рисунок 2 – Распределение радиальных и тангенциальных напряжений при различных значениях: а) $\frac{S_0}{r} = 0,5$; б) $\frac{S_0}{r} = 2$

На рисунке 2 показано распределение тангенциальных и радиальных напряжений по толщине изгибаемого листа для трех значений $s_0/r = 0,5; 2$. Графики построены для материала, у которого предварительно накопленная деформация ϵ_0 составляет 0 и 0,24. Как и следовало ожидать, при увеличении относительной кривизны s_0/r и накопленной деформации ϵ_0 величина напряжений возрастает. Из графиков видно, что при изгибе листа с ϵ_0 , отличной от нуля, слой, у которого тангенциальные напряжения меняют свой знак, смещен от центра к внутреннему радиусу на меньшую величину, чем при $\epsilon_0 = 0$.

Из данных, представленных на рисунке 2, видно, что при увеличении относительной кривизны влияние накопленной деформации на окружные напряжения значительно снижается, что, в свою очередь, сказывается на величине изгибаемого момента.

Относительный изгибающий момент на единицу длины равен:

$$m = \frac{M_{\text{изг}}}{A \cdot s_0^2 \cdot Z} \quad (1)$$

где: $M_{\text{изг}}$ – изгибающий момент для листа толщиной s , длиной Z ,

A – коэффициент прочности кривой упрочнения.

Представленные на рисунке 3 графики отражают данные, полученные для безразмерного изгибающего момента в зависимости от предварительно накопленной листом деформации, показателя степени n для относительной кривизны $s_0/r = 0,5; 1; 2$.

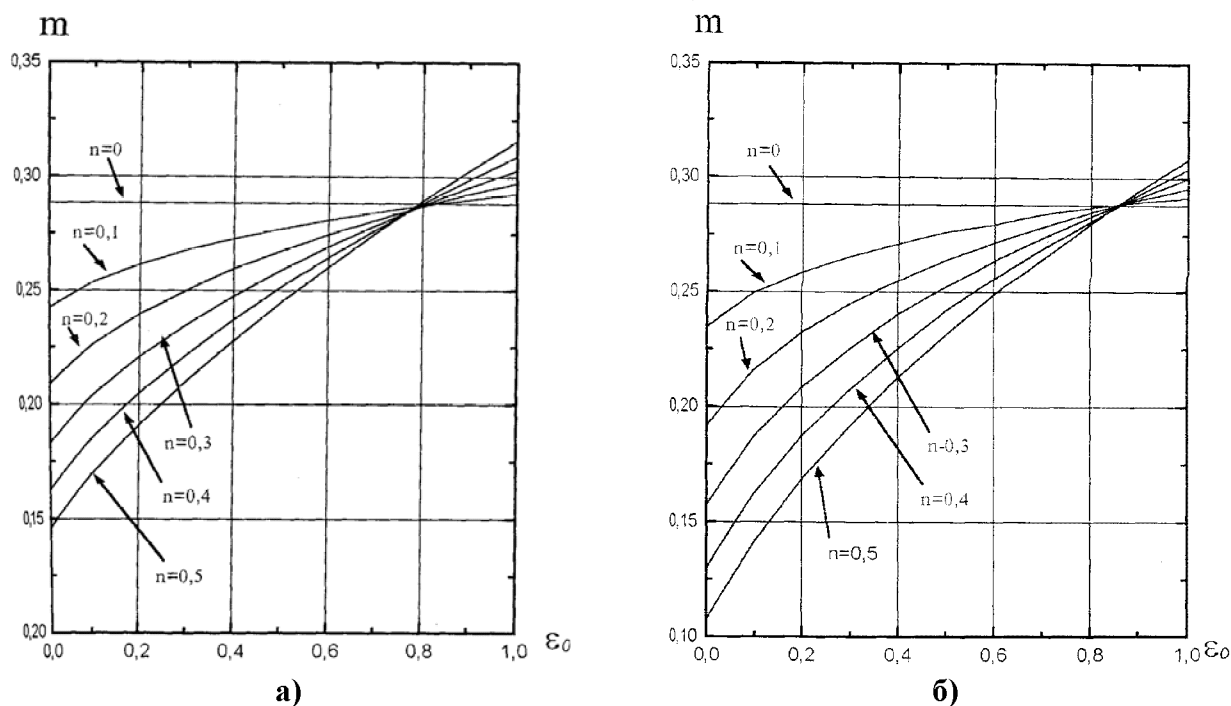
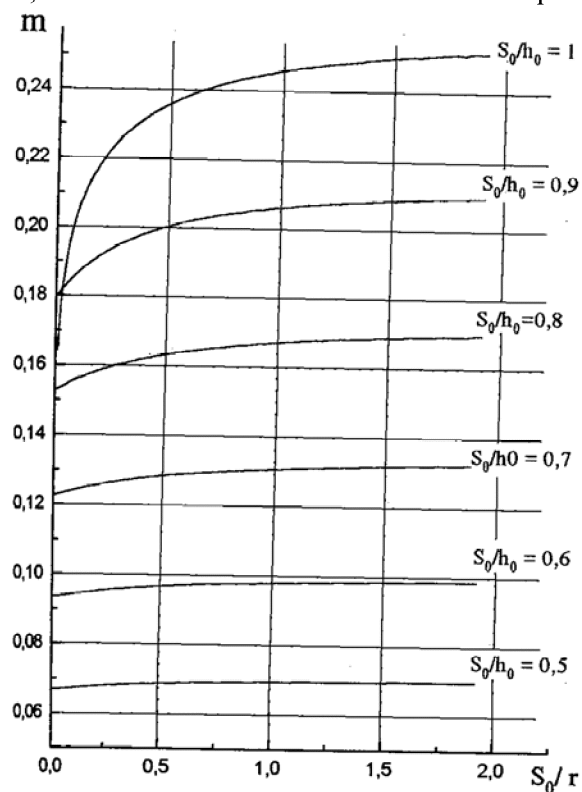


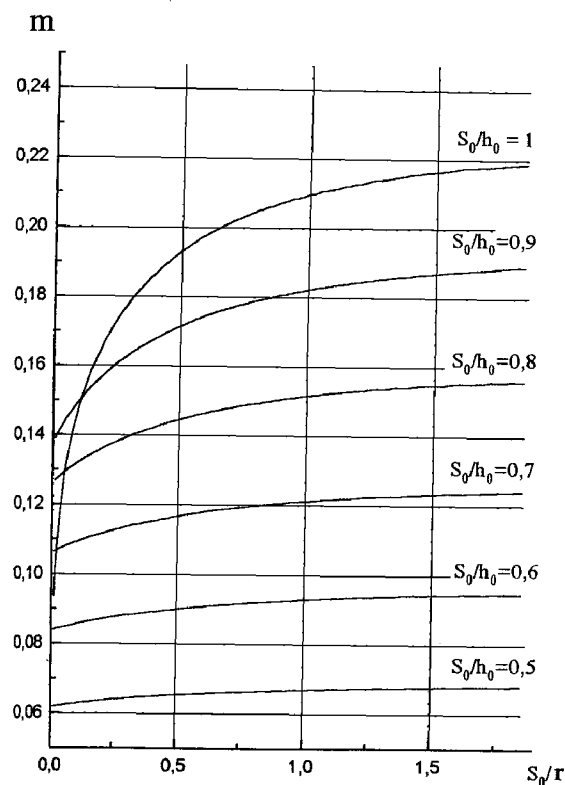
Рисунок 3 – Зависимость безразмерного изгибающего момента от коэффициента ϵ_0 .кривой упрочнения, в зависимости от показателя степени n относительная кривизна: а) $s_0/r = 0,5$; б) $s_0/r = 2$

На рисунке 4 приведены расчетные графики изменения относительного изгибающего момента от относительной кривизны для различных значений величины технологической канавки s_0/h_0 (рисунок 1). Из графиков видно, что чем больше накопленная в листе деформация

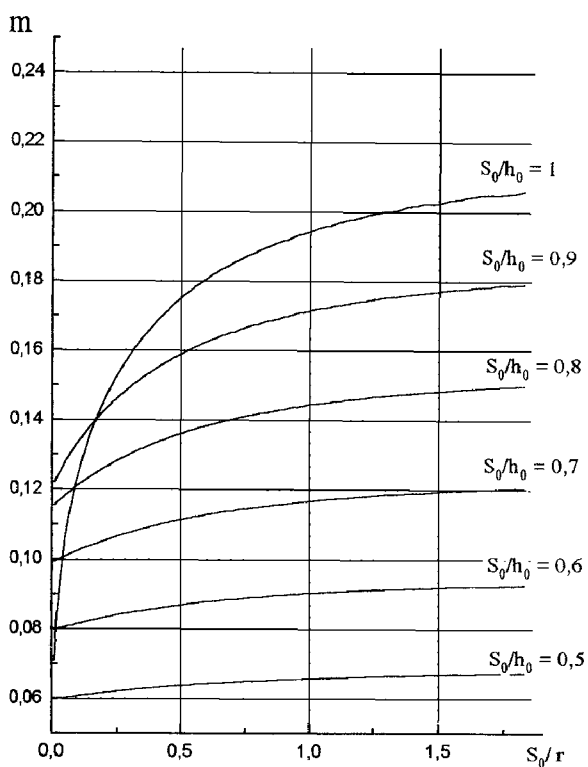
ция, тем меньше влияет относительная кривизна на изгибающий момент.



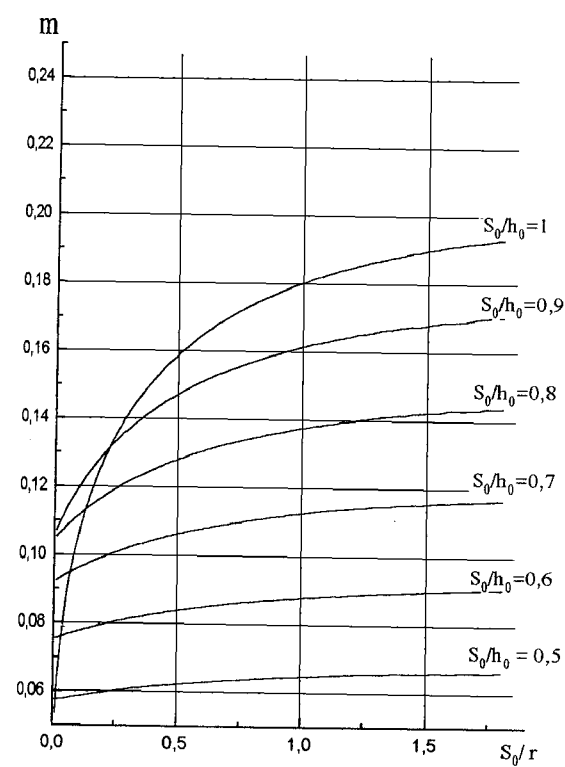
а)



б)



в)



г)

Рисунок 4 – Изменение безразмерного изгибающего момента от относительной кривизны S_0/r в зависимости от отношения S_0/h_0 . Показатель степени упрочнения:

а) $n=0,1$; б) $n=0,2$; в) $n=0,25$; г) $n=0,3$

Для проверки данных численного исследования изгибающего момента от относитель-

ной глубины технологической канавки проводились экспериментальные исследования.

Из полос с выдавленными технологическими канавками трапецевидной формы (рисунок 1) вырезались образцы длиной 35 мм. Один конец образца зажимался в неподвижный захват, а к другому прикреплялся облегченный алюминиевый рычаг длиной 330 мм. Изгибающий момент создавался силой, приложенной перпендикулярно к свободному концу рычага. Фиксирование величины возникающей при изгибе силы осуществлялось с помощью динамометра с ценой деления 0,25 Н (класс точности 1). Измерение угла изгиба образца производилось с помощью угломера с точностью $\pm 1^\circ$.

Принимались во внимание только данные, относящиеся к локализованному в канавке изгибу. На рисунках 5 а и б представлены зависимости момента от относительной глубины канавки. Они подтвердили результаты расчета о слабом влиянии угла изгиба (кривизны, см. также рисунок 3) на эти зависимости.

Экспериментальная зависимость момента изгиба от относительной глубины канавки $\frac{h_0 - s_0}{h_0}$ при изгибе на 30° и 60° показаны на рисунках 5 а и б штриховой линией.

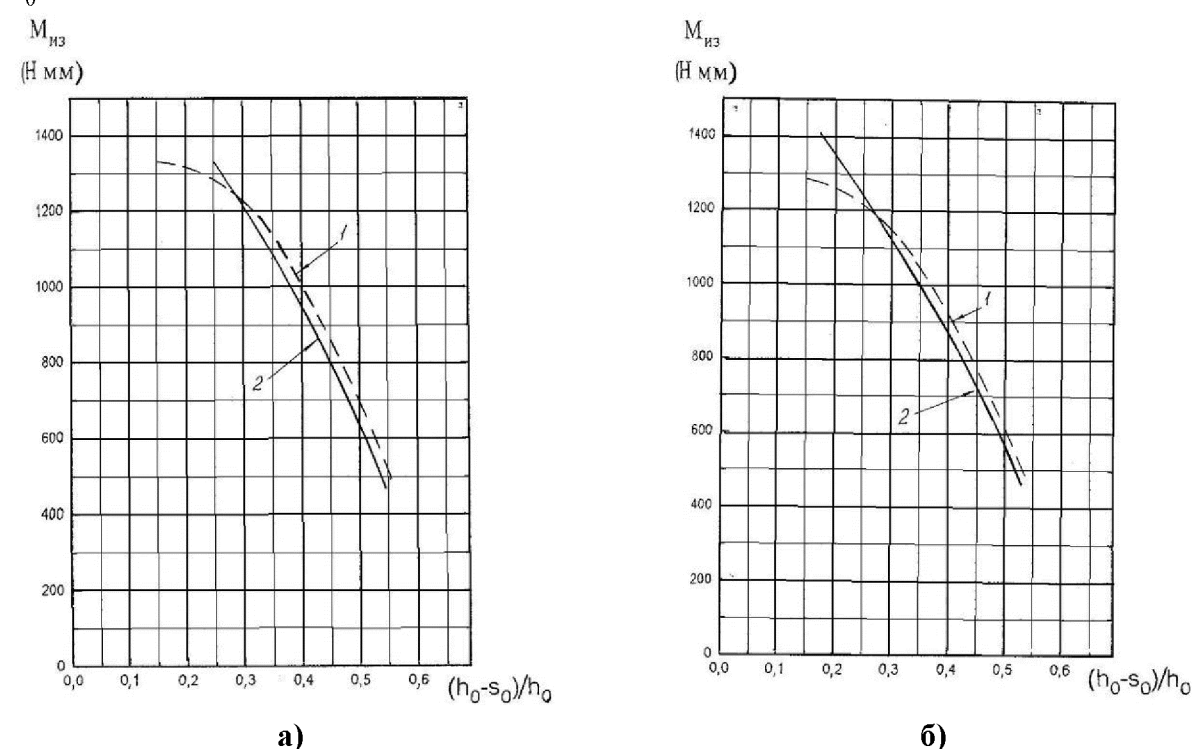


Рисунок 5 – Зависимость момента изгиба металла от относительной глубины канавки при изгибе на угол: а) - 30° , б) - 60° : 1 – экспериментальные данные; 2 – расчетные данные

Отклонение результатов расчета от эксперимента наблюдается лишь при относительной величине канавки $\frac{h_0 - s_0}{h_0} \leq 0,26 \div 0,28$.

Экспериментальные данные по деформации упрочненного слоя или разнородного по толщине материала приведены в работах [4-8]. В них также показано, что в процессе последующих деформаций существенно меняются силовые параметры процесса.

Выводы

Увеличение предварительно накопленной деформации в изгибаемом слое приводит к увеличению радиальных и тангенциальных напряжений, а также смещению нейтрального слоя в процессе изгиба. Это приводит к изменению момента изгиба в зависимости от относительного внутреннего радиуса. Характер изменения изгибающего момента будет существен-

но меняться и при изменении степени упрочнения материала.

Литература

1. Давыдов В.И., Максаков М.П. Производство гнутых тонкостенных профилей методом профилирования на роликовых станках. М.: Металлургиздат, 1959, 233с.
2. Изготовление деталей гнутого профиля на автоматических профилировочно-штамповочных линиях. / Руководящий документ РД 37.002.0546-88. М.: НПО НИИТАвтопром, 1988, 307 с.
3. Типалин С.А. Исследование и разработка методики расчета процесса профилирования ленты при локальном формоизменении. / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук М.: МАМИ, 1998. 181 с.
4. Типалин С.А., Симонян В.Б. Изгиб многослойного материала. / Известия ТулГУ. Серия. Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением. Тула: ТулГУ, Вып. 1., 2005. с. 149-154.
5. Бондарь В.С., Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф. Вязкопластический изгиб и скручивание листа. М. МГТУ «МАМИ», 2003. 168с.
6. Саушкин Г.Б., Моргунов Ю.А. Электрохимическое нанесение информации на поверхность деталей машин. / Упрочняющие технологии и покрытия. 2009, № 12. с. 45-49.
7. 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. № 5. с. 36-40.
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., Плотников А.С. Влияние клеевого соединительного слоя на процесс вытяжки листового многослойного материала. / Автомобильная промышленность. 2012, № 6 с. 33-35.
10. Щедрин А.В., Ульянов В.В., Бекаев А.А., Скоромнов В.М., Ванюшкина М.С., Абрамова Т.Г., Хомякова Н.В., Чихачева Н.Ю. Перспективные инструменты для комбинированного протягивания тел вращения. / Тракторы и сельхозмашины. 2009. № 8. с. 52-55.

Локализованный изгиб и скручивание оцинкованной полосы при формообразовании швеллера

к.т.н. доц. Типалин С.А.

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

Аннотация. Рассмотрен алгоритм решения задачи профилирования полосы с предварительно выдавленной технологической канавкой концентратором. В ходе формоизменения по данной технологии происходит совместно изгиб в месте локализации и скручивания подгибаемой полки. Выполнено сравнение расчетных и экспериментальных данных.

Ключевые слова: скручивание, неравномерный изгиб, изгибающий момент, оцинкованный лист, упрочненный материал, алгоритм

Наиболее эффективным способом получения профильных изделий является многороликовое профилирование. Сущность процесса профилирования заключается в последовательном изгибе полосового или ленточного материала при прохождении его между несколькими парами вращающихся в противоположных направлениях роликов, форма образующих которых переносится на листовую металл.

Отличительной чертой рассматриваемого технологического процесса является локализация очага пластической деформации при профилировании с помощью технологической канавки. Пластическое формоизменение ограничено и развивается только в предназначенной