

Висновки.

1. Плин пористого порошкового матеріалу в радіальному напрямку при ущільненні у закритому штампі тим сильніший, чим вища початкова густина заготовки.

2. Відсутність урахування радіальної складової швидкості плин пористого порошкового матеріалу може привести до похибки визначення розподілу пористості по товщі заготовки.

3. Слабко виражений плин матеріалу при малій початковій густині заготовки дозволяє користуватись для дослідження ущільнення натурними шаруватими моделями, подумки реконструюючи вертикальні лінії сітки для реалізації візюопластичного методу.

Список літератури: 1. *Баглюк Г.А.* Анализ кинематики процесса свободной осадки пористого цилиндра с учетом контактного трения [Текст]// *Г.А.Баглюк.* //Порошковая металлургия. – 1993. – № 1. – С.17-21. 2. *Хоменко О.І., Баглюк Г.А., Хоменко А.О.* Вплив схеми пресування на розподіл густини порошкової заготовки при ущільненні в закритій матриці [Текст]// *О.І.Хоменко.* //Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ» – 2011. – №45. – С.108 – 113.

Надійшла до редколегії 25.10.2012

УДК 621.762

Урахування радіальної складової швидкості плин поршкових матеріалів при моделюванні процесу ущільнення в закритому штампі / Хоменко О. І., Баглюк Г. А., Куріхін В.С. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – № 46(952) – С.135-143. - Библиогр.: 2 назв.

Рассмотрено влияние радиальной составляющей скорости течения материала при моделировании уплотнения порошковой заготовки в закрытом штампе. Показано, что радиальная составляющая заметно влияет на характер уплотнения при достаточно большой начальной плотности заготовки (порядка 50 %), что дает возможность при изучении процессов уплотнения изделий сложной формы пользоваться многослойными моделями из плакированных порошков.

Ключевые слова: порошковый материал, прессование, компьютерное моделирование, прямой вариационный метод.

The paper deals with radial component of material flow influence on powder materials compaction in the closed die. It was shown that mentioned component affects compaction nature distinctly at comparably high billet density (50 % order). This allows to use multi-layer models made of clad powders to investigate complicated powder details compaction.

Keywords: powder material, pressing, computer simulation, direct variation method.

УДК 621.797

В. Ю. ЧЕРКАЩЕНКО, аспирант, Кременчугский национальный университет им. М. Остроградского, Кременчуг

В. В. ЛОТОУС, председатель правления ОАО «Полтавский ГОК, Комсомольск

В. В. ДРАГОБЕЦКИЙ, докт. техн. наук, проф., Кременчугский национальный университет им. М. Остроградского, Кременчуг

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГИБКИ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДУГ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

Обоснована целесообразность применения профильных заготовок из разнородных материалов для изготовления гибкой элементов каркаса транспортных средств. Рассмотрено растяжение бинарной системы при наличии внешнего трения. Напряжения контактного трения определяются по зависимостям молекулярно-механической теории. Представлена методика определения параметров процесса гибки с растяжением дуг пассажирских вагонов из биметаллической заготовки: нержавеющая сталь + углеродистая сталь.

Ключевые слова : гибка, растяжение, биметалл, профиль, трение.

Вступлення. Слоистые металлы нашли широкое применение во многих отраслях промышленности. Их применение обусловлено возможностью создания изделий с комплексом физико-механических свойств недостижимых в монометаллах, при экономии

© В. Ю. Черкащенко, В. В. Лотоус, В. В. Драгобецкий, 2012

черных и цветных металлов. И если вопросы применения дорогостоящих сплавов с применением слоистых металлических композиций в различных конструкциях достаточно глубоко раскрыты и обоснованы [1, 2, 3], то технологические аспекты и возможности их использования в полной мере еще не раскрыты.

Анализ последних исследований и литературы. Использование принципа слоистости для решения комплекса технологических задач в процессах листовой штамповки рассмотрено в работах [3,4]. Однако далеко не все аспекты применения биметаллов для решения задач экономии дорогостоящих сплавов в процессах металлообработки освещены в научно-технической литературе и теоретически необоснованны и не описаны.

В производстве средств наземного, водного и воздушного транспорта находят применение силовые элементы, получаемые из профилей гибкой с растяжением (дуги пассажирских вагонов, шпангоуты, лонжероны, балки и т.д.). Для их изготовления все шире используются нержавеющие стали, титановые и высокопрочные алюминиевые сплавы. При свободной гибке и при гибке с растяжением неизбежны потери металла из-за зажима концевых зон в зажимных патронах и их закруткой [1].

Избежать потерь можно при использовании сварной заготовки, состоящей из дорогостоящего материала – центральная часть и периферийных участков – из дешевого. Например, дуги пассажирских вагонов, применяемые в широком ассортименте на ПАТ «Крюковский вагоностроительный завод» целесообразно и экономически обосновано специалистами предприятия, изготавливать из сварной заготовки нержавеющая сталь (X18H10T) + углеродистая сталь (08кп).

Цель исследования, постановка проблемы. Процесс гибки с растяжением бинарной (составной) заготовки имеет значительные отличия от процесса деформации монолитной заготовки. Эти отличия в основном связаны с отсутствием изотропности среды и разрывной неоднородностью ее свойств. Поэтому возникла необходимость в анализе растяжения и изгиба бинарной системы и уточнении модели процесса совместного пластического деформирования разных металлов. При предварительном растяжении профильных заготовок из разнородных металлов на гибочно-растяжных машинах (рис. 1) внешнее трение отсутствует.



Рис. 1 – Гибочно-растяжной станок в процессе гибки дуги пассажирского вагона

Физическая модель процесса одноосного растяжения бинарной системы соответствует модели растяжения слоистого тела при свободных условиях на контуре. Однако, при последующей гибке и калибровочном растяжении внешнее трение на одном из контуров играет существенную роль на процесс деформирования бинарной системы. Поэтому цель исследований можно сформулировать следующим образом.

Разработка модели и определение технологических параметров деформирования профильной заготовки при внешнем трении на одном из контуров.

Материалы исследований. При предварительном растяжении заготовки из разнородных материалов, зону сварного шва не учитываем, внешнее трение и межслойное трение отсутствует. Основной материал (центральная часть заготовки), как правило, менее пластичный (Н), а периферийный более пластичный (S). При предварительном растяжении профильной заготовки из монолитного материала усилия предварительного растяжения $P_{\text{раст}}$ определялось по зависимости $P_{\text{раст}} = \sigma_s F$, где σ_s – текущий предел текучести материала заготовки; F – площадь поперечного сечения заготовки. При заготовке из разнородных материалов в первую очередь начнет деформироваться материал S. Его деформация будет продолжаться до тех пор пока его текущий предел текучести при растяжении не станет равен начальному пределу текучести при растяжении материала F. Если материал S не упрочняется, то совместная пластическая деформация разных металлов невозможна. Будет только деформироваться материал S до его полного разрыва. Первые попытки изготовления дуг пассажирских вагонов были не удачны при нарушении режимов сварки (перегрев зоны сварного шва) зона сварного шва не склонная к деформационному упрочнению разрушалась (рис. 2).

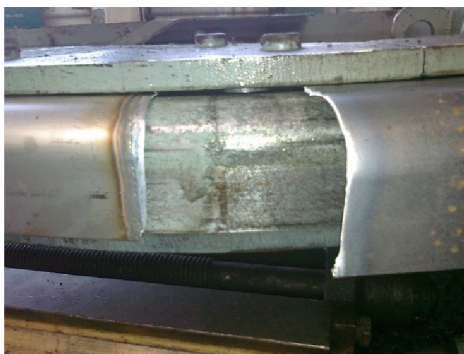


Рис. 2 – Разрыв сварного шва при гибке с растяжением дуг пассажирских вагонов из разнородных металлов

Диаграмма истинных напряжений для стали 08кп аппроксимируется в полной третьей степени или степенной функцией [5]:

$$\sigma_s = 240 + 1279\varepsilon - 1599\varepsilon^2 + 914\varepsilon^3 = 230 + 548\varepsilon^{0,6}, \quad (1)$$

где σ_s – текучий предел текучести материала; ε – интенсивность деформаций.

Для нержавеющей коррозионностойкой стали эта диаграмма аппроксимируется зависимостью

$$\sigma_i = 1490(0,016 + \varepsilon_i)^{0,5} = 470 + 2691,6\varepsilon - 5508,7\varepsilon^2 + 4185,2\varepsilon^3 \quad (2)$$

Однако, кривые упрочнения не имеют общих точек пересечения и совместная пластическая деформация оказалась невозможной. Поэтому, сталь 08кп была заменена сталью 15ЮА.

Усилие предварительного растяжения заготовки из разнородных материалов целесообразно определять по зависимости

$$P_{\text{раст}} = \sigma_{\text{раст}} F \quad (3)$$

где $\sigma_{\text{раст}}$ – ордината пересечения кривых упрочнения материалов заготовки.

При этом $\sigma_{\text{раст}} > \sigma_{\text{см}}$, где $\sigma_{\text{см}}$ напряжение сжатия при изгибе заготовки.

Кроме того, деформации $\varepsilon_{\text{равн}}$, которые соответствуют $\sigma_{\text{равн}}$ должны удовлетворять условию $\varepsilon_{\text{равн}} < \varepsilon_{\text{пр}} + \varepsilon_{\text{и}}$, где $\varepsilon_{\text{пр}}$ – предельная деформация менее прочного материала; $\varepsilon_{\text{и}}$ – максимальная деформация заготовки при изгибе.

При растяжении на заключительной стадии процесса растяжение + гибка + растяжение изогнутая профильная заготовка обтягивается по пуансону, принимая при этом заданную форму и размеры. Силы трения, действующие между заготовкой и пуансоном, уменьшают растягивающее усилие по мере удаления от крайних точек касания заготовки с пуансоном. При этом менее нагруженными оказывается сечение, расположенное в середине очага деформаций. Наименее нагруженным является сечение профиля расположенного в середине очага деформации. Поэтому, при калибровочной операции растяжения после гибки, ограничивающим фактором является разрушение заготовок на свободных, наиболее нагруженных участках. Поэтому, экономические преимущества, связанные с экономией металла, дополнены техническими. Последние связаны с целесообразностью использования пластичных металлов в периферийных участках. При этом сварной шов располагать в зоне контакта с пуансоном. Общее усилие растяжения можно представить в следующем виде:

$$P = P_{\text{деф}} + P_{\text{тр}} + P_{\text{изг}} \quad (4)$$

где $P_{\text{деф}}$ – усилие деформирования заготовки в данном сечении; $P_{\text{тр}}$ – сила внешнего трения; $P_{\text{изг}}$ – усилие гибки.

В первом приближении влияние изгибных напряжений и деформаций можно не учитывать. Это допущение достаточно обосновано, так как радиус кривизны детали существенно больше ее толщины.

Изгиб заготовки после предварительного растяжения до деформаций, соответствующих пересечению кривых упрочнения металлов составной заготовки, происходит в условиях совместной пластической деформации разнородных металлов. Учитывая, что деформации заготовки незначительны, то усилие гибки определяется по известным зависимостям [5].

При совместной пластической деформации бинарной заготовки течение компонент последней тормозится силами внешнего трения в зоне контакта с пуансоном.

Для анализа рассматриваемого процесса формоизменения (фланцевой части заготовки, гибки) необходимо указать закон, по которому должны изменяться напряжения внешнего трения на контактных поверхностях заготовки. В теории обработки металлов давлением применяют зависимости для определения величины напряжения контактного трения у которых в качестве аргумента содержится какой-либо физический фактор (нормальное давление, предел текучести, вязкость смазки и др.)

Наиболее широко применяемым является закон трения Амонтона-Кулона, устанавливающий пропорциональную зависимость между силой трения и нормальной сжимающей силой. Закон Амонтона-Кулона выполняется наиболее точно при холодной пластической деформации с применением технологических смазок. В жестких условиях трения при отношении силы давления к пределу текучести выше 2-3, при отсутствии смазки применяют закон Зибеля [3].

Напряжения трения определим по зависимости:

$$\sigma_{\text{тр}} = \frac{\mu^F q l^F B}{F_{\text{пр}}} + \frac{\mu^S q l^S B}{F_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где μ^F , μ^S – коэффициенты трения металлов F и S по пуансону; B – ширина полки; l^F , l^S – длины участков контакта пуансона с материалом F и S, $F_{\text{тр}}$ – площадь поперечного сечения профиля.

Напряжения, действующие в различных сечениях заготовки на заключительной стадии растяжения:

I зона свободного участка, расположенная между поверхностью пуансона и защитного патрона. На этом участке силы внешнего трения отсутствуют, а деформации не должны превышать предельной деформации металла S. Предельное усилие растяжения составит:

$$P_{\text{раст}} = F(\sigma_{\text{ос}} + A_s \varepsilon_{\text{il}}^{\text{ns}}) = F(\sigma_{\text{ос}} + A_s \varepsilon_{\text{i2}}^{\text{ns}}) = F(\sigma_{\text{от}} + A_f \varepsilon_{\text{if}}^{\text{nF}} + \sigma_{\text{тр}}), \quad (6)$$

где A_s, A_f, n_s, n_f – модули упрочнения и показатели системы упрочнения материалов S и F; $\sigma_{\text{ос}}$ и $\sigma_{\text{оF}}$ – пределы текучести материалов S и F;

II зона контакта материала S с поверхностью пуансона;

III зона контакта материала F с поверхностью пуансона.

Результаты исследований.

Расчет параметров процесса гибки производится в следующей последовательности:

1. Наложение кривых упрочнения материалов заготовки и определение точки их пересечения.
2. Определение усилия предварительного растяжения заготовки по зависимостям (5) и (6) и деформаций напряжения.
3. Определение номинального внешнего момента гибки заготовки и изгибных деформаций.
4. Определение калибровочного растяжения и предельных деформаций. Результаты расчетов приведены в таблице.

Таблица. – Результаты расчетов параметров процесса гибки

№ п/п	Марка стали № детали	Вид профиля	σ_p , МПа	F , м ²	$P_{\text{раст}}$, кН
1	08X18H10T+15ЮА 77067.235.001	Зетовый нормализация	509	$3,75 \cdot 10^{-4}$	190,9

Дуга пассажирского вагона из разнородных металлов представлена на рис. 3



Рис. 3 – Дуга пассажирского вагона из разнородных металлов после гибки с растяжением

Выводы. Установлена целесообразность применения профильных заготовок из разнородных материалов для изготовления методом гибки с растяжением элементов каркаса транспортных средств, например дуг пассажирских вагонов.

Усилие предварительного растяжения рассчитывается, как произведение текущей площади профильной заготовки на напряжение текущего предела текучести, который соответствует точке пересечения кривых упрочнения материалов заготовки. Усилие гибки определяется как для монолитной заготовки при равных текущих пределах текучести ее материалов. Калибровочное растяжение соответствует предельным деформациям дешевого материала.

Список литературы: 1. Аркулис Г.Э., Дорогобид В.Г. Теория пластичности. – Учебное пособие для вузов. – М.: Металлургия, 1987. – 352. 2. Воронцов А.Л. К вопросу о контактом трещин, кривых упрочнений и эффекте Баушингера. – Журнал: «Кузнечно–штамповочное производство. Обработка металлов давлением» – 2011. – №3. – с. 39-47. 3. Евстратов В.А. Теория обработки металлов давлением. – Харьков: Выш. шк. Издательство при Харьк. ун – те, 1981. – 246с. 4. Битков В.В. оценка неоднородности деформации при пластической обработке осесимметричных биметаллических изделий. – Журнал: «Кузнечно–штамповочное производство. Обработка металлов давлением» – 2011. – №5. – 3-12с. 5. Драгобецкий В.В., Мороз Н.Н., Мосьпан Д.В., Пузир Р.Г. Расчет технологических параметров получения деталей с элементом жест кости последовательной гибкой. – Сборник научных трудов «Обработка материалов давлением». – Краматорск : ДГМА, 2010. – №4 (25). – С. 133-137.

Надійшла до редколегії 25.09.2012

УДК 621.797

Технологические параметры гибки биметаллических дуг пассажирских вагонов / Черкащенко В. Ю., Лотоус В. В., Драгобецкий В. В. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХП». – 2012. – №46(952). – С. 143-148. – Бібліогр.: 5 назв.

Обгрунтована доцільність застосування профільних заготовок з різнорідних матеріалів для виготовлення гнучких елементів каркасу транспортних засобів. Розглянуто розтягнення бінарної системи при наявності зовнішнього тертя. Напруги контактного тертя визначаються по залежностях молекулярно-механічної теорії. Представлено методику визначення параметрів процесу гнуття з розтягуванням дуг пасажирських вагонів з біметалічної заготовки: нержавіюча сталь + вуглецева сталь.

Ключові слова: гнуття, розтягування, біметал, профіль, тертя.

Expediency of specialized pieces of different materials for the manufacture of flexible vehicle framing members is grounded. Stretching of the binary system in the presence of friction is considered. Contact friction stress is determined by the dependences of the molecular-mechanical theory. A method of determining the parameters of the bending process with stretching carriage arcs of bimetallic: stainless steel + carbon steel.

Keywords: bending, stretching, bi-metal, profile, friction.

УДК 621.771.06:621.771.251

В. И. ЗАСЕЛЬСКИЙ, докт. техн. наук, проф., директор металлургического института ГВУЗ «КНУ», Кривой Рог

А. В. САТОНИН, докт. техн. наук, проф., ДГМА, Краматорск

Д. Е. БУКОТИН, гл. управляющий по производству прокатного департамента, ПАО «АМКР», Кривой Рог

В. С. НАЙДЕНОВ, гл. калибровщик, ПАО «АМКР», Кривой Рог

М. Г. КОРЕНКО, ассистент, ГВУЗ «КНУ», г. Кривой Рог

В. Ю. ГРИГОРЧУК, магистрант, ГВУЗ «КНУ», г. Кривой Рог

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ БЕСКАЛИБРОВОЙ ПРОКАТКИ СОРТОВЫХ ПОЛОСОВЫХ ПРОФИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСОРТНЫХ СТАНОВ

На основе анализа состояния вопроса промышленного производства сортовых полосовых профилей показана целесообразность использования процесса бескалибровой прокатки, обеспечивающего расширение сортамента, повышение качества и снижение себестоимости готовой металлопродукции.

© В.И. Засельский, А.В. Сатонин, Д. Е. Букотин, В.С. Найденев, М.Г. Коренко., В. Ю. Григорчук, 2012