

УДК 621.7.044

Гайкова Т. В.
Пузырь Р. Г.
Загорянский В. Г.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СХЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СЛОИСТЫХ МЕТАЛЛОВ

Использование слоистых металлов позволяет существенно повысить эффективность производства широкого класса деталей и оборудования для предприятий химического, нефтяного, сельскохозяйственного, транспортного, энергетического и других отраслей машиностроения. К потребителям слоистых композиций относятся также приборостроение и радиоэлектроника, инструментальная промышленность.

Использование слоистых и дисперсных композиций в промышленности позволяет сократить расход дефицитных материалов, расширить возможности конструирования машин, устройств, аппаратов, создает условия для увеличения срока эксплуатации изделий, снижает массу и стоимость конструкций. Динамика применения слоистых композиций за рубежом свидетельствует об установившейся тенденции роста потребности в этих материалах. Объем производства многослойных материалов и заготовок в западных странах составляет примерно 80 млн дол. в год. Основную долю (около 70 %) составляет биметалл сталь-титан [1, 2, 3].

Входящие в состав многослойных металлических композиций металлы обладают различными физическими и механическими свойствами, имеют различный химический состав, микро- и макроструктуру. Это необходимо учитывать при разработке технологических процессов обработки слоистых композиций (сварки, резки, вытяжки, калибровки, термической обработки и др.), которые существенно отличаются от процессов обработки однородных металлов. Даже если слоистая композиция составлена из однородных материалов, это также вносит существенные коррективы в технологию обработки.

Целью работы является создание схемы технологии процесса изготовления и конструирования деталей и узлов с учетом применения слоистых и дисперсных композиций.

При разработке технологии получения различных деталей и слоистых металлов требуется учитывать разнородность механических и физических свойств каждого слоя при деформации и после нее, что вносит существенные корректировки в технологию по сравнению с деформированием однослойных металлов.

При пластической деформации в слоях биметалла возникают зоны с разнозначными внутренними напряжениями, которые могут привести к образованию складок, гофр и даже расслоений на готовом изделии. При обработке в горячем состоянии проявляется различие в коэффициентах линейного расширения составляющих, которое может привести к короблению и расслоению биметаллических композиций.

Коэффициент неравномерности деформации компонентов системы χ выражается отношением их степеней деформации [4]:

$$\chi = \frac{\eta_m}{\eta_T} = \frac{\eta_{m.kr} + \eta_m''}{\eta_T} = \frac{\psi_n}{\eta_T} + \theta, \quad (1)$$

где $\theta = \frac{\theta_T}{\theta_m}$ – модуль относительного упрочнения бинарной системы;

θ_m, θ_T – текущий модуль упрочнения мягкого и твердого металла соответственно;

ψ_i – модуль начальной неоднородности (гетерогенности) системы;

$\eta_{m.kr}$ – степень критической логарифмической деформации мягкой пластины;

η_m'' – степень послекритической деформации мягкой пластины,

что позволяет подсчитать общую неравномерность деформации в любой момент сжатия, зная только η_T и механические свойства компонентов системы.

Наиболее сложным процессом обработки би- и полиметаллов давлением является вытяжка. Исследование процесса вытяжки широкого класса слоистых заготовок показало их высокие пластические свойства и способность подвергаться деформации как в нагретом, так и в холодном состоянии [3, 4]. При этом как показывают результаты работы [5] деформация утонения произвольного слоя многокомпонентной листовой заготовки может быть найдена из выражения:

$$e_\delta = \ln \frac{d\delta_1}{d\delta}, \quad (2)$$

где δ – расстояние от срединной до произвольной поверхности;
 δ_1 – расстояние между теми же поверхностями после вытяжки.

$$\delta_1 = r_c \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\delta}{r_c}} \right), \quad (3)$$

где r_c – радиус сферы, измеренный по срединной поверхности.

Дифференцируя (3) было получено:

$$\frac{d\delta_1}{d\delta} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{2\delta}{r_c}}}. \quad (4)$$

Окончательно:

$$e_\delta = -\frac{1}{2} \ln \left(1 - \frac{2\delta}{r_c} \right). \quad (5)$$

Отсюда следует, что в операциях листовой штамповки (в данном примере штамповка полусферы) в тех местах, где толщина заготовки остается постоянной все слои за исключением срединного, либо утолщаются ($\delta > 0$), либо становятся тоньше ($\delta < 0$). Ввиду того, что относительная толщина заготовок в операциях листовой штамповки не превышает 3 %, неравномерность деформации по толщине 4,6 %, то это позволяет считать, что деформированное состояние заготовки по толщине однородное.

Из выше изложенного следует, что при проектировании технологии деформирования слоистых материалов нужно учитывать неравномерность или однородность деформирования, исходя из геометрии заготовки и вида операции обработки металлов давлением.

Многослойная заготовка обладает большим запасом пластичности по сравнению с монолитной. Дефекты в многослойной заготовке при деформировании локализуются в одном слое и не развиваются на всю толщину стенки. Для многослойных конструкций характерно пластичное разрушение, так как процесс распространяется постепенно от одного слоя к другому. Структура и свойства зоны соединения оказывают существенное влияние как на механизм разрушения, так и на выбор технологии их изготовления.

Установлено [4], что при вытяжке стаканов из биметаллов, у которых наружный слой менее пластичен и менее прочен, чем внутренний, процесс необходимо вести так, чтобы ограничить растягивающие напряжения в наружном слое. С этой целью рекомендуют применять многопереходную вытяжку с использованием конических и двухконусных матриц.

При вытяжке в нагретом состоянии необходимо учитывать влияние температуры и продолжительности нагрева на прочность соединения составляющих. Освоен процесс горячей штамповки биметаллических днищ диаметром 900–1600 мм из биметалла сталь + титан толщиной 20 мм [4]. Режим нагрева заготовок должен исключать рост переходной зоны би-

металла. Рекомендован следующий режим нагрева биметалла: температура 900 °С, продолжительность нагрева 1–1,5 мин на 1 мм толщины заготовки. Температура окончания штамповки должна быть не менее 700 °С, охлаждение проводили на воздухе. Нагрев и штамповка по приведенному режиму [6] не приводят к ухудшению свойств биметалла. Горячую штамповку биметалла сталь 16ГС + сталь 12ХН10Т [6] проводят при температуре не выше 1050–1100 °С с выдержкой после нагрева не более 5 мин.

Принципиальная схема технологии процесса изготовления и конструирования деталей и узлов с учетом применения слоистых и дисперсных композиций представлена на (рис. 1).



Рис. 1. Схема технологического процесса изготовления деталей из композиционного материала

Способность к вытяжке определяется соотношением механических свойств составляющих композиции [4]. Рекомендуется для изготовления слоистых композиций использовать составляющие из металлов, обладающих значительно различающимися коэффициентами деформационного упрочнения. При использовании пуансона с полусферической головкой не обнаружено влияние взаимного расположения компонентов биметалла на его способность к вытяжке. В случае же использования пуансона с плоской головкой выбор оптимального сочетания компонентов биметалла имеет большое значение. Если мягкий компонент расположен на наружной стороне, то в качестве внутреннего компонента желательно выбирать твердый металл. Если же внутренний компонент представлен мягким материалом, то наружный слой также должен быть мягким. При наружном компоненте из твердого материала для внутреннего желательно выбирать тонкий лист из мягкого и прочного металла.

Некоторые слоистые металлы при определенных условиях проявляют лучшую способность к вытяжке, чем каждый из составляющих компонентов. Это обстоятельство можно использовать как средство для улучшения способности к вытяжке материалов, входящих в данную композицию. Например, тонколистовой металл (фольга), плохо поддающийся вытяжке, при плакировании его другим тонколистовым металлом приобретает способность к глубокой вытяжке без образования гофров. Кроме того, такой двухслойный материал имеет высокие прочностные свойства.

На основе требований, предъявляемых к конструкции, осуществляют выбор материала и способа его обработки. Параметры прочности, обеспечивающие надежность конструкции, подбираются с учетом условий эксплуатации и потребительских предпочтений. При оценке экономической эффективности ключевыми соображениями являются стоимость и качество. Особенно очевидным является взаимовлияние материала и технологического процесса. Общая стоимость производства существенно зависит от этих составляющих. Стоимость материала, идущего на изготовление той или иной детали, оценивается достаточно просто для обычных материалов. Стоимость же композиционных материалов по трудоемкости оценки сопоставима с оцениванием процесса изготовления детали по всем технологическим операциям. Форма той или иной детали определяется путем одновременного учета нескольких факторов: функционального назначения детали, материала для ее изготовления и ограничениями, налагаемыми технологическим процессом. Другими факторами являются компоновка, взаимодействие детали с другими компонентами, (фрикционное, контактное и др.), внешней и окружающей средой.

ВЫВОДЫ

Спроектирована схема технологии получения деталей из слоистых материалов, где учитываются особенности деформирования материалов с различными механическими характеристиками в очаге деформации, спрос потребителя, возможности производства, взаимовлияние материала и технологического процесса. Для определения оптимальных режимов получения слоистых, волокнистых и дисперсных композиций необходимо определение технологических свойств и квалифицированный выбор способов испытания исходных компонентов в условиях, близких к рабочим.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Драгобецкий В. В. *Тепловые процессы при совмещении операций сварки и штамповки взрывом* / В. В. Драгобецкий // *Системные технологии. Математические проблемы технической механики : сборник научных трудов.* – Днепропетровск : «Сист. техн.», 2002. – Выпуск 4 (21). – С. 89–94.
2. Драгобецкий В. В. *Розрахунок та експериментальна перевірка напруженого стану шаруватих матеріалів при імпульсному навантаженні* / В. В. Драгобецький // *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету : наукові праці КДПУ, 2003.* – Вип. 2(19), Т. 3. – С. 82–85.
3. *Слоистые металлические композиции : учеб. пособие* / И. Н. Потапов, В. Н. Лебедь, А. Г. Кобелев и др. – М. : *Металлургия*, 1986. – 216 с.
4. Кобелев А. Г. *Технология слоистых материалов: учебн. пособие* / А. Г. Кобелев, И. Н. Потапов, Е. В. Кузнецов. – М. : *Металлургия*. 1991. – 248 с.
5. Михайлюта В. О. *Расчет деформированного состояния полусферы, образованной сверткой с учетом утонения* / В. О. Михайлюта // *Импульсная обработка металлов давлением.* – Харьков, 1978. – Вып. 7. – С. 18–23.
6. *Обработка металлов взрывом* / А. В. Крупин, В. Я. Соловьев, Г. С. Попов, М. Р. Костев. – М. : *Металлургия*, 1991. – 495 с.

Гайкова Т. В. – ассистент КрНУ им. М. Остроградского;
Пузырь Р. Г. – канд. техн. наук, доц. КрНУ им. М. Остроградского;
Загорянский В. Г. – канд. техн. наук, доц. КрНУ им. М. Остроградского.

КрНУ им. М. Остроградского – Кременчугский национальный университет
им. М. Остроградского, г. Кременчуг.

E-mail: pudik-r@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 11.02.2013 г.