

**Листовая штамповка деталей из сплавов на основе алюминия**

Студенты гр. 10402319 Лю Чэнной, Лю Шинань  
Научные руководители – Зеленин В.А., Костюченко Ю.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Листовая штамповка алюминиевых сплавов отличается от традиционной штамповки, например, деталей из стали 08кп.В связи с этим при использовании алюминиевых сплавов применяются наработанные практикой приемы и способы штамповки, обусловленные особенностями пластической деформации алюминиевых сплавов.

Прежде всего, для выбора основных легирующих элементов литых алюминиевых сплавов необходим анализ их влияния на свойства сплавов, в основном влияния температуры на процессы их окисления. Затем анализ информации об экономической и практической целесообразности использования алюминиевых сплавов при изготовлении соответствующих изделий [1].

*1 Свойства алюминиевых сплавов*

1 Плотность 2,73 г/см<sup>3</sup>, около трети от плотности стали. Температура плавления ~ 660 °С.

*2 Механические свойства:*

– алюминиевые сплавы имеют более низкие значения относительного удлинения по сравнению со сталями, т.е. они менее пластичны;

– соотношения предела прочности к относительному удлинению ( $\sigma/\delta$ ) и предела прочности к плотности ( $\sigma/\rho$ ) у них выше, чем у сталей;

– коэффициент вытяжки при штамповке ниже, чем у сталей;

– антикоррозионные свойства выше, чем у углеродистых сталей;

– листы толщиной 0,5–5 мм легко обрабатываются холодной или горячей штамповкой.

3 Поскольку алюминиевые сплавы обладают такими преимуществами, как меньшая плотность, высокая электро- и теплопроводность, устойчивость к коррозии, то они широко используются в промышленности.

*2 Деформируемые алюминиевые сплавы*

Деформируемые алюминиевые сплавы имеют низкую плотность и достаточно высокую пластичность, обеспечивающую их переработку давлением в различные детали, которые широко используются в промышленности, наряду с изготовляемыми из сталей. Некоторые алюминиевые сплавы приобретают высокие механические и антикоррозионные свойства в результате термообработки. Сплавы системы Al-Cu-Mg обычно содержат небольшое количество Mn, который повышает их механические свойства при термообработке, но снижает пластичность.

Сплавы системы Al-Cu-Mg-Zn при термообработке приобретают высокую твердость, но имеют низкую коррозионную стойкость и при высоких температурах быстро размягчаются. Алюминиевые сплавы системы Al-Zn-Mg-Si, которые содержат много легирующих элементов, но в небольших концентрациях, имеют высокую термопластичность, наиболее удобны дляковки и штамповки.

*3 Влияние температуры на штамповку алюминиевых сплавов*

Температура является важным фактором процесса штамповки алюминиевых сплавов. Нарушение температурных режимов может вызвать деформацию и коробление изготовляемых деталей, дефекты на их поверхностях и др. проблемы с деталями. При различных температурах структура и пластичность алюминиевого сплава также постоянно меняется.

Для штамповки металлов и сплавов с небольшой температурой начала штамповки (алюминиевые и магниевые сплавы), а также и для штамповки крупных поковок, которые нельзя получить на другом оборудовании из-за недостатка мощности, используют гидравлические прессы [2].

Ковка и штамповка сплавов типа дуралюмина проводится при температуре около 380 °С. Так как сопротивление деформации сплавов на алюминиевой основе в области температур горячей обработки давлением довольно высокое, степень деформации при свободной ковке равна 3–5 %, а при безоблойной штамповке – 2–3 %. Чтобы зерна структуры получились одинаковыми по величине, нельзя допускать снижения температуры ниже заданного предела.

Дляковки и штамповки применяют алюминиевые сплавы АК (АК1, АК6, АК8 и т.д.), обладающие высокой пластичностью при температурахковки. Ковку и штамповку сплавов проводят при 450–475 °С. Ряд деталей, изготавливаемых литьем или штамповкой из алюминиевых сплавов, работает при температурах порядка 200–300 °С и даже 350 °С (например, поршень, головка цилиндра и т. п.).

Многие алюминиевые сплавы хорошо куется при температурах 400–480 °С. К ним относятся дуралюмины марок Д1, Д6, Д16, а также сплавы типа АК (алюминиевые ковкие) АК2, АК4, АК6, АК9 (силумин) и др. Эти алюминиевые сплавы обладают повышенной прочностью и могут принимать закалку. Из таких сплавов путемковки и штамповки изготавливают ответственные детали для автомобилей, тракторов (например, поршни), самолетов и кораблей.

Применяемые для этих целей алюминиевые сплавы легируют такими элементами, как Cu, Mg, Ni, Ti. Для получения необходимых свойств эти сплавы подвергают закалке (перевод избыточных фаз в твердый раствор) и затем искусственному старению (стабилизация структурного состояния). Чем сложнее состав сплава и состав выделяющихся фаз, тем медленнее происходит разупрочнение сплава при высоких температурах. Поэтому жаропрочные сплавы обычно имеют сложный химический состав. Ковкие алюминиевые сплавы отличаются высокой пластичностью при температурахковки и штамповки (450...475 °С) и удовлетворительными литейными свойствами. Закалку проводят при 515–525 °С с охлаждением в воде, старение при 150...160 °С в течение 4–12 ч [3].

#### 4 Штамповка деталей автомобилей из алюминиевых сплавов

Использование алюминиевых сплавов позволяет максимально уменьшить собственный вес автомобиля при сохранении его прочности и безопасности, тем самым улучшить маневренность, снизить расход топлива и загрязнение среды выхлопными газами (рис. 1).

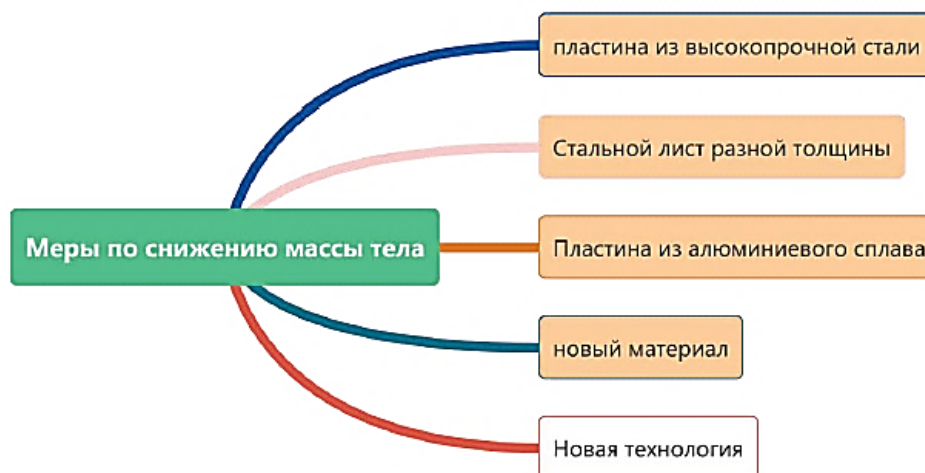


Рисунок 1 – Меры по снижению массы автомобиля

Наиболее распространенными узлами и деталями из алюминиевых сплавов, применяемыми в автомобилях, являются:

- полностью алюминиевый двигатель;
- цельноалюминиевый кузов, наиболее распространенной является Audi A8(рисунок 2);
- ступица колеса;
- детали подвески, поворотные рычаги, и др. (рисунок 3).
- капот, багажники на крышу и др.



Рисунок 2 – Автомобиль и полученные штамповкой детали из алюминиевых сплавов, используемые в его производстве

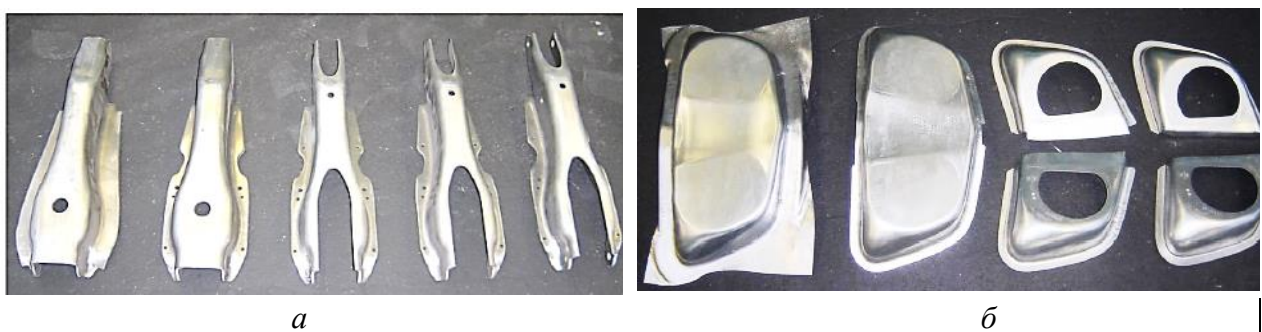


Рисунок 3 – Детали из алюминиевых сплавов, полученные штамповкой:  
а – в 5 этапов; б – в 4 этапа

### 5 Особенности процесса штамповки деталей из алюминиевых сплавов

- 1) Угол изгиба при вытягивании должен оставаться  $\alpha = 15\sim 30^\circ$  (рис.4), если он больше, то теряется устойчивость тонкостенной оболочки детали

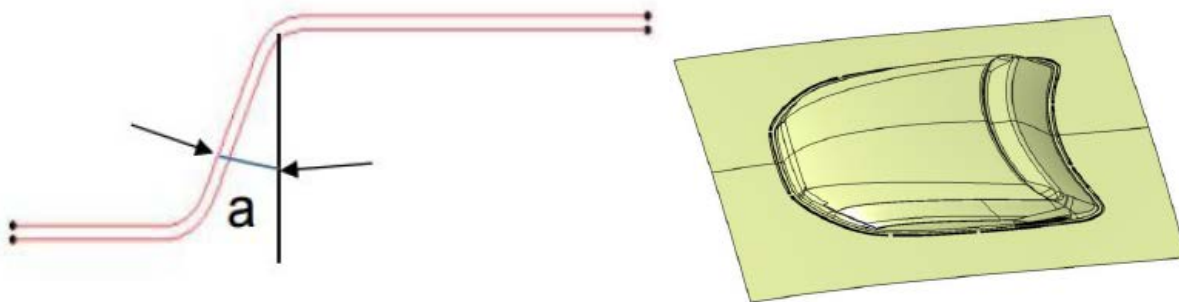


Рисунок 4 – Угол изгиба  $\alpha$  при штамповке капота из сплава алюминия составляет  $15\sim 30^\circ$

2) Радиус закругления штампа  $R$  должен быть, где  $t$  – толщина листа (рис. 5).

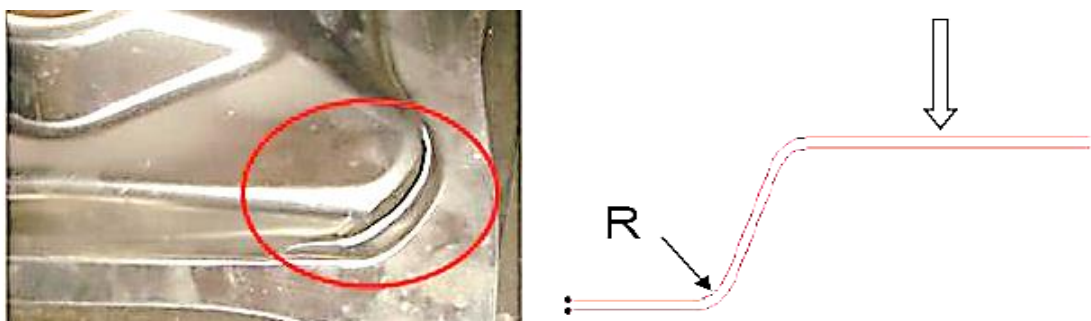
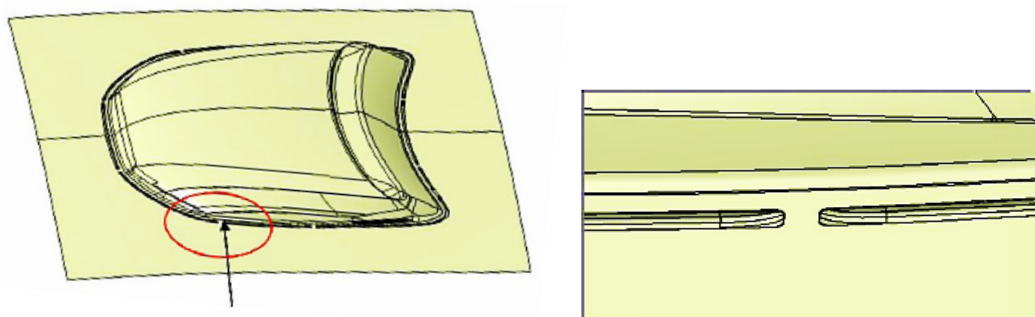


Рисунок 5 – Радиусы закругления пуансонов  $R \geq 3t$

3) Накладки: в местах подрезки бортика нарезки не делайте, разделяйте их, переход концов валиков должен быть плавным (рис. 6).



Вытягивание

Рисунок 6 – Разделение и закругление концов валиков для накладок

### 6 Преимущества деталей из сплавов на основе алюминия

Кузова автомобилей из алюминиевых сплавов имеют ряд преимуществ. Они более эффективны, чем традиционные стальные кузова, поскольку снижают массу автомобиля и таким образом улучшают его маневренность и снижают потребление топлива.

Другая причина, по которой алюминиевый кузов лучше, заключается в сокращении выброса загрязняющих веществ, поскольку до 99 % алюминиевых отходов может быть вторично переработано, что частично компенсирует высокое энергопотребление при восстановлении первичного алюминия из руды. Применение алюминия в производстве кузова

позволяет уменьшить вес автомобиля на 20–30 %, а также снизить потребление топлива на 10 %, т.е. ~ 0,5 литра на 100 км.

На поверхности алюминия на воздухе быстро образуется плотный слой полупрозрачного оксида, который защищает его от дальнейшего окисления и коррозии. При толщинах листа 1–5 мм алюминий обладает высокой прочностью, достаточной для изготовления кузова или его частей. При сравнительно низких затратах энергии из алюминия производят изделия различных геометрических форм и размеров, качество и точность изготовления которых позволяют сразу использовать их по прямому назначению. Алюминий обладает высокой энергией поглощения, что повышает пассивную безопасность кузова.

#### **Список использованных источников**

1. Чирин, Бай. Исследование и применение алюминиевых сплавов / Бай Чирин // Шестидисковый педагогический колледж, Китай. Классификация китайских книг: TG146 1671-4792 (2015) 12-0018-03.
2. Чжонан, Лю. Применение алюминиевых сплавов в технике // Лю Чжонан, Шэй Шуйшуй. – Изд. металлургической промышленности, Пекин. – 2004.
3. Сики, Хао О влиянии температуры на технологии обработки алюминиевого сплава / Хао Сики, Су Гунгю, Ю Лили, Лю Джинлонг // Частная техника, 2012.