

Студенты гр. 10402319: Лю Сяошэн, Чжан Ци
Научный руководитель – Зеленин В.А.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Содержание алюминия в земной коре достаточно велико, а сплавы на основе алюминия легкие, нетоксичные и технологичны в переработке, что отвечает требованиям к разрабатываемым экологически чистым материалам [1]. Алюминиевые сплавы находят широкое применение в сферах транспорта, обороны и безопасности [2, 3].

Для снижения массы аэрокосмических аппаратов их топливные баки и другие конструктивные элементы в процессе оптимизации приобрели сложнопрофильные специальные формы [4], что привело к росту спроса на различные длинномерные профили из алюминиевых сплавов. В связи с этим профили из алюминиевых сплавов, востребованные в аэрокосмической отрасли и высокоскоростных поездах, развиваются в направлении крупногабаритных и тонкостенных [5], что ставит задачи разработки новых процессов создания и обработки алюминиевых сплавов.

В настоящее время процесс обработки и формования профилей из алюминиевого сплава в основном представляет собой экструзионное формование. Одной из основных технологий экструзионного формования является проектирование и производство экструзионных головок. Производительность, качество поверхности и точность формования профилей из алюминиевого сплава ограничены уровнем дизайна штампа.

Процесс прессования алюминиевых профилей

Сложные алюминиевые профильные изделия обычно выдавливают из алюминиевых слитков через фильеру. Сначала расплавляют и отливают исходный алюминиевый слиток, добавляя, а расплаву алюминия необходимые легирующие элементы, контролируют их состав, и гомогенизируют структуру. Гомогенизированный алюминиевый слиток помещают в экструзионную матрицу.

Процесс прессования включает следующие операции:

1) Предварительный нагрев алюминиевого слитка и экструзионной головки. Алюминиевые сплавы трудно поддаются формованию при комнатной температуре, но после нагревания размягчаются. Температура плавления алюминиевого сплава составляет около 660 °С, поэтому температура нагрева слитка не превышает 500 °С.

2) Экструзия. Нагретый слиток помещают в экструзионный цилиндр, плунжер экструдера, перемещаясь с определенной скоростью, выдавливает слиток через профильное отверстие матрицы-фильеры. В случае разъемной матрицы слиток разделяется на несколько металлических полос, которые затем сваривают в составной профиль в сварочной камере.

3) Закалка в режиме онлайн. В зависимости от состава сплава выполняют естественное охлаждение на воздухе или закалку с водяным охлаждением, что обеспечивает получение требуемых механических свойств профиля после старения.

4) Рихтовка. После остывания экструдированного профиля обычно происходит его деформация. Рихтовку осуществляют путем захвата его концов и растяжения до допустимой пластической деформации с сохранением профиля поперечного сечения.

6) Резка профилированных изделий на отрезки требуемой длины.

7) Старение. Изделия из алюминиевого сплава необходимо состарить для достижения наилучшей прочности. Механизм упрочнения – дисперсионное старение, в процессе которого выделяются частицы упрочняющей фазы, улучшающие механические свойства сплава, такие как предел текучести и твердость.

Характеристики течения металла при прессовании алюминиевых профилей

Процесс течения металла при прессовании можно разделить на три стадии [6]:

1) Стадия заполнения матрицы-фильтры. Стадию заполнения также называют начальной стадией экструзии, как показано на рисунке 1 (а).

2) Стадия активного выдавливания. Этап активной экструзии, также известный как базовый этап экструзии, является наиболее важным этапом в процессе экструзии алюминиевых профилей.

Из-за трения о стенки матрицы скорость течения металла внешнего слоя заготовки снижается, а степень его деформации больше, чем у центральных (внутренних) слоев. Линии, соответствующие скоростям течения металла в осевом сечении профиля, становятся дугообразными с максимумом скорости по оси профиля, что вызвано медленным течением внешнего слоя и быстрым течением металла во внутреннем слое, и разница скоростей по длине матрицы постепенно накапливается, как показано на рисунке 1 (b).

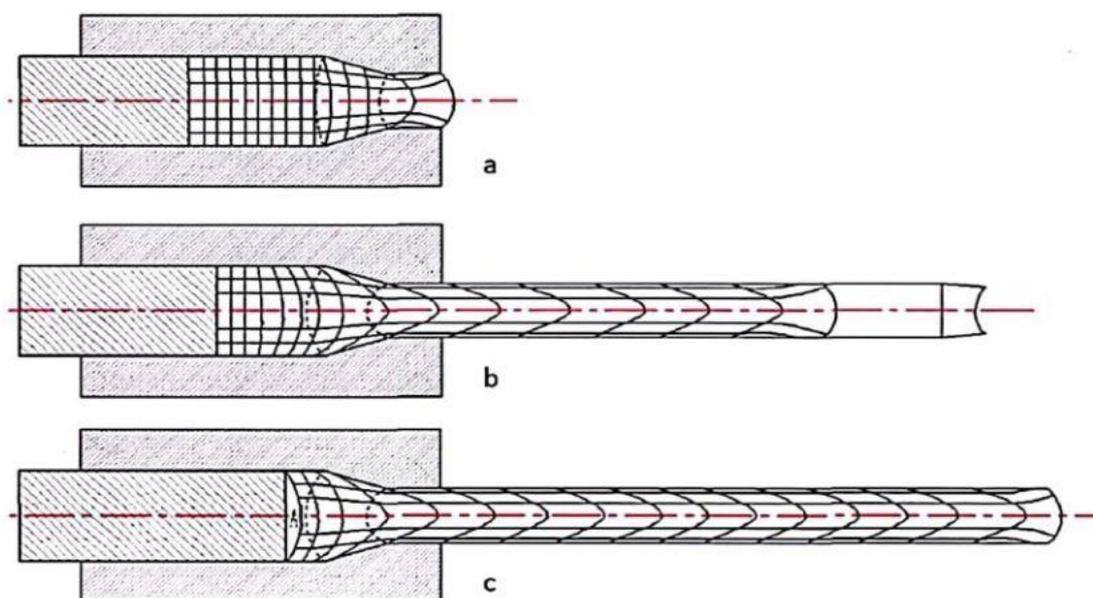


Рисунок 1 – Стадии экструзии профиля из сплава алюминия

Стадия турбулентной экструзии

Стадию турбулентной экструзии также называют конечной стадией экструзии. Металл течет в радиальном направлении от края к оси слитка, и внешний слой металла не просто течет в направлении экструзии, а начинает течь к оси, тем самым образуя хвост экструзии (область А), который является уникальным дефектом экструзии. И чем равномернее течение металла, тем хвост меньше, как показано на рисунке 1 (с).

Существующие проблемы технологии прессования алюминиевых профилей

Отечественные (китайские) и зарубежные исследователи провели ряд систематических исследований технологии экструзии алюминиевых профилей и добились значительных успехов. Исследования в основном касаются трех аспектов: процесса отдельной экструзии алюминиевого профиля, моделирования процесса экструзии алюминиевого профиля методом конечных элементов и оптимизации конструкции экструзионной головки:

1) Технологии экструзии с разделенным потоком для алюминиевых профилей.

Течение металла в процессе отдельной экструзии очень сложное, и необходимо учитывать синергетический эффект нескольких параметров. Выполнена серия исследований

процесса раздельной экструзии алюминиевых профилей.

2) Численное моделирование штамповки алюминия.

В процессе экструзии металл подвергается сильной пластической деформации в полости формы, и его физическое описание достаточно сложное. Изучение закона течения металла в процессе экструзии экспериментальным путем также затруднительно, так как трудно фиксировать течение металла внутри формы, особенно для пористых и сложных профилей, предполагающих процесс разделения и сварки. Качество сварки сильно влияет на качество изготовления профиля. Как проверить рациональность конструкции формы и обеспечить равномерность течения металла в полости формы, а также как улучшить качество сварки и продлить срок службы формы, максимально повысить качество и механические свойства профиля, это ряд проблем технологии экструзии. Разработчики штампов и исследователи ставят перед ними огромные задачи. Традиционный дизайн пресс-формы в основном основан на опыте, непрерывном ремонте пресс-форм и их испытании без строгой теоретической базы и поддержки данных, поэтому он требует больших трудозатрат и материальных ресурсов, что повышает стоимость профилей. Как снизить стоимость экструзии при обеспечении качества профиля всегда было технической проблемой, которую необходимо решить в экструзионной промышленности.

3) Оптимизация структуры головки для экструзии алюминия. Конструкция матрицы является ключевым этапом в процессе экструзии. Точность конструкции и качество изготовления матрицы напрямую влияют на качество поверхности и производительность экструдированного профиля. Таким образом, как разумно спроектировать и оптимизировать экструзионную головку, всегда было горячей темой исследований в академических кругах. В экструзионной головке материал из алюминиевого сплава проходит несколько этапов, таких как разделение на полосы, сварка полос и формование. Влияние конструкции головки на закон течения металла очень сложное. Кроме того, в процессе экструзии внутренняя часть матрицы находится в состоянии высокого давления, высокой температуры и высокого вакуума, что затрудняет исследование.

Список использованных источников

1. Цзинань, Лю Обзор развития и тенденции технологии экструзионных головок из алюминиевого сплава [J] / Лю Цзинань // Обработка алюминия, 2010. – №1. С. 16–23.
2. Влияние высоты сварочной камеры на процесс экструзии разъемной комбинированной головки [J] / Ченг Лэй [и др.] // Редкие металлы, 2008. – 32(04). – С. 442–446.
3. Лэй, Ченг Пошаговое моделирование методом конечных элементов процесса экструзии комбинированной головки с раздельным потоком [J] / Ченг Лэй [и др.] // Journal of System Simulation. – 2008. – 20(24). – С. 6603-6606+6612.
4. Буфанг, Лэй Процесс и оборудование для экструзии алюминия и алюминиевых сплавов (1-е издание) [M] / Лэй Буфанг, // Пекин: National Defense Industry Press, 2014.11. – С. 30–36.
5. Конечно-элементный анализ деформации сердцевины экструзионной головки с полым профилем [J] / Тянь Сяофэн [и др.] // Редкие металлы, 2002, 26(05). – С. 360–363.
6. Юнсяо, Ван Исследование процесса экструзии и оптимизация матрицы полых алюминиевых профилей для поездов [D] / Ван Юнсяо // Шаньдун: Шаньдун университет науки и технологий, 2016. – С. 2–3.