

стекла перемещается в вертикальном направлении. Через смотровое окно на противоположном конце цилиндра наблюдают за ходом образования льда в сублимационном конденсаторе. Конденсатор снабжен специальным пульверизатором для более быстрого оттаивания льда.

УДК 669.715

Казачёк А.А.

## **СВЕРХПЛАСТИЧНОСТЬ СПЛАВОВ И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель Комаровская В.М.*

Сверхпластичность – свойство некоторых металлов и сплавов мелкозернистой структуры в определенном диапазоне температур сильно деформироваться без разрушения или трещинообразования под действием относительно малых нагрузок.

Первым явление сверхпластичности обнаружил английский учёный Пирсон в сплавах олово-свинец и олово-висмут, при температуре всего 150-300°C. Некоторые образцы достигали удлинения в 19,5 раз.

Для алюминиевых сплавов сверхпластичность наступает при температуре от 380°C, а для сплавов титана от 900°C.

В настоящее время существует две разновидности сверхпластичности: фазовая и структурная.

Фазовая сверхпластичность основана на нагреве до определённой температуры при которой металл находится на грани жидкого и твёрдого состояния. В этот момент он напоминает вязкую жидкость, но поймать этот момент тяжело даже в лабораторных условиях, поэтому этот метод в производстве используется крайне редко.

Структурная сверхпластичность в этом отношении намного перспективней. Она основана на предварительной подготовке

металла. Вначале необходимо придать металлу особую структуру, состоящую из зёрен примерно одного размера, не более 10 мкм, при этом они должны иметь близкую к сфере форму, то есть быть равноосными. Поведение такого металла становится похожим на поведение влажного песка.

Если структура металла состоит в основном из равноосных мелких зёрен то пластичность возрастает, достигая максимального уровня при полностью мелкозернистой структуре, в вязкой среде межзёренного пространства зёрна без особых затруднений скользят друг относительно друга не цепляясь.

Все технологические процессы, связанные с использованием сверхпластичности основаны на обработке сплавов с предварительно подготовленным мелким зерном. Такие сплавы получают или специально, заранее задавая нужные свойства, или из известных промышленных сплавов, подвергая их термомеханической обработке. Уже создано несколько десятков специальных сверхпластичных сплавов, а также используются сплавы на основе железа, титана, никеля, магния и алюминия для которых были найдены способы искусственного измельчения зерна.

С середины 60 годов начинается применение эффекта сверхпластичности. Одной из первых отраслей в которой её стали применять была штамповка. В промышленном производстве применяются объёмная и листовая штамповка.

Объёмная штамповка – процесс изменения формы и размеров простейших объёмных заготовок в более сложные изделия с помощью штампа. Под действием прессы заготовка заполняет полость, вырезанную в штамп-инструменте, и формирует готовое изделие. Этот процесс хорошо поддается автоматизации. Но существует весьма существенный недостаток, точность формообразования весьма невысока, даже выверенная технология не исключает большого количества

отходов. При механической доводке изделия в стружку уходит до 20% металла.

При объёмной штамповке деталей в состоянии сверхпластичности из-за больших степеней деформации получают высокоточное заполнение штампов сложной конфигурации. Общее снижение стоимости изготовления объёмных штамповок составляет 25% по сравнению с обработкой в обычном состоянии. Технология обработки материала в состоянии сверхпластичности нашла применение при изготовлении штампованных силовых узлов, поршней двигателей, облицовки автомобилей, турбинных дисков и лопаток. Объёмной штамповкой получают детали практически всех машин и механизмов массой до нескольких сотен тонн.

В листовой штамповке широкое распространение получил процесс пневмотермической формовки (ПТФ) – формовка заготовки в режиме сверхпластичности за счёт утончения свободной части заготовки.

Процесс пневмотермической формовки имеет следующие преимущества по сравнению с традиционными операциями листовой штамповки:

- 1) уменьшение времени и трудоёмкости производства деталей за счёт отсутствия доводочных операций (правка калибровка), что приводит к уменьшению себестоимости детали;
- 2) получение деталей сложной геометрической формы за один штамповый переход;
- 3) увеличение качества поверхности детали;
- 4) уменьшение усилий прессового оборудования.

В настоящее время ПТФ для алюминиевых и титановых сплавов успешно внедрена на множество предприятий авиационной и автомобильной промышленности. Многие фирмы такие как Ford, Honda, Morgan и другие, перешли на изготовление деталей сложной формы (капоты, крылья, дверные

панели, баки) с помощью пневмоформовки, что позволило снизить вес конструкции и удешевить производство.

В самолётостроении большой интерес представляет формовка деталей из титановых сплавов. Детали, выполненные из титановых сплавов, имеют большой ресурс, высокую коррозионо- и жаростойкость. Технология ПТФ позволяет удешевить производство деталей из титановых сплавов.

Таким образом, сверхпластичность находит всё новые и новые отрасли применения. Сегодня невозможно представить ни одну область промышленности, где не используются свойства сверхпластичности материалов.

УДК 621.387.143

Кеда С.С.

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА (НА ПРИМЕРЕ ТИТАНОВОГО КАТОДА)**

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель Иванов И.А.*

Расчет параметров для процесса нанесения покрытия из титана на изделие из алюминия.

Заданные величины: материал изделия –  $Al$ , размер изделия, масса изделия, предельно допустимая температура нагрева, отношение радиуса изделия к расстоянию «катод – изделие», глубина вакуума, материал покрытия (катада) –  $Ti$ , толщина дефектного (удаляемого) слоя, толщина покрытия.

Теплофизические характеристики материалов изделия и покрытия: работа выхода электрона, потенциал ионизации, потенциал энергии связи, удельная плотность, удельная, теплоемкость, удельная теплопроводность, температура плавления.

В результате включения генератора и разлета генерируемой плазмы у поверхности изделия формируется плазмы с параметрами