

УДК 621.77.019

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИАГРАММ СТРУКТУРНЫХ СОСТОЯНИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ АL-СПЛАВОВ ПОСЛЕ ГОРЯЧЕЙ ОБЪЁМНОЙ ШТАМПОВКИ.

Овезов Рахматулла Искандерович

Студент 4 курса,  
кафедра «Технологии обработки давлением», Московский государственный  
технический университет им. Н.Э. Баумана.

Научный руководитель: А.А. Шитиков,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии обработки давлением».

**Цель работы:** создание подпрограммы для программного комплекса QForm для прогнозирования структуры сплава АК4-1 после горячей объёмной штамповки на основе диаграммы структурных состояний.

### Проблема крупнозернистой структуры Al-сплавов:

Размер зерна металла является одним из важнейших показателей качества поковок. Как правило, изделия из металлов и сплавов, имеющие мелкое зерно обладают более высокими механическими свойствами: прочностью, пластичностью, вязкостью, твёрдостью.

В работе [1] отмечено, что «штамповки из сплавов с низкой стабильностью нерекристаллизованной структуры, например, из сплава АК4-1, часто имеют частично рекристаллизованную структуру с участками крупнозернистой структуры. Причиной этого являются сильные перепады температуры между переходами при штамповке» (см. рисунок 1 а).

В то же время чёткое регламентирование температуры и скорости деформации при штамповке, и последующих технологических операциях (остывание, термическая обработка) позволяет в ряде случаев, получить однородную структуру поковки (см. рисунок 1 б).

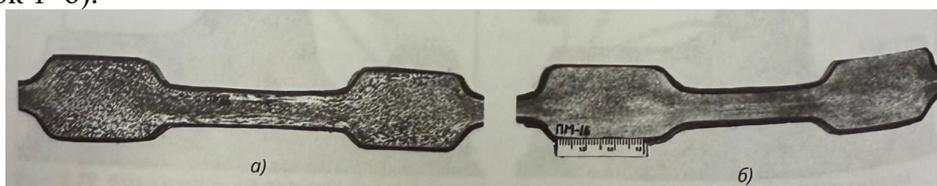


Рис. 1. Поперечное сечение поковок [1], полученных:

- а) серийной технологией с сильным остыванием промежуточной заготовки;
- б) технологией с контролем перепада температуры при остывании.

### Диаграммы структурных состояний:

Количественные сведения о температурно-скоростных интервалах формирования в условиях обработки давлением микроструктур разного типа, а также о размерах возникающих зерен и субзерен дают диаграммы структурных состояний (ДСС) [1]. ДСС для сплава АК4-1 приведены на рисунках 2 и 3.

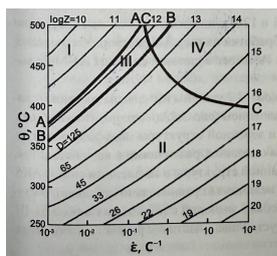


Рис. 2. ДСС для сплава АК4-1 [1] (деформация 50%, обработка на твёрдый раствор 530 °С, закалка в воде).

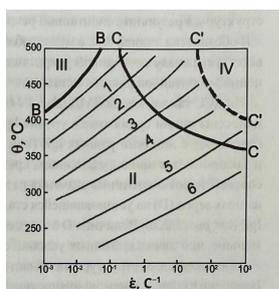


Рис.3. ДСС для сплава АК4-1 [1] (деформация 50%, выдержка после деформации 40 с), сплошные линии равных значений размера зерен (D) и субзерен (d);

1 - D= 140 мкм, d = 4 мкм; 2 - D= 70 мкм, d = 2,5 мкм; 3 - D = 35 мкм, d = 1,75 мкм; 4 - D = 30 мкм, d = 1,5 мкм; 5 - d = 1,2 мкм; 6 - d = 0,95 мкм;

Зоны ДСС:

I – формирования стабильной полигонизованной структуры;

II – формирование рекристаллизованной структуры, в результате статической рекристаллизации;

III – формирование частично рекристаллизованной структуры;

IV – формирование рекристаллизованной структуры в результате спонтанной рекристаллизации.

### Использование ДСС в QForm:

ДСС уже применялись при моделировании в QForm авторами работ [2] и [3], но использовались только при анализе графиков, в отдельных трассируемых точках.

В настоящей работе используется Lua-подпрограмма, позволяющая получить во всём объёме заготовки поле прогнозируемого номера зоны ДСС (I-IV) и размера зерна.

### Заключение:

1. Предложенный метод прогнозирования структуры Al-сплавов позволяет повысить качество поковок, получаемых после горячей объёмной штамповки.

2. Расчётная подпрограмма может быть полезна для сокращения количества брака на производстве и дальнейшую его переработку.

### Литература:

1. Термическая обработка деформируемых алюминиевых сплавов / Н.И. Колобнев, Л.Б. Бер, С.Л. Цукров / Под научной редакцией академика Российской академии наук, профессора Е.Н. Каблова. М.: НП «АПРАЛ», 2020 — С. 552. Рис. 268. Табл. 140.

2. Опыт применения системы QForm в прогнозировании структуры штампованных поковок / Н. В. Биба, [и др.] // Металловедение и термическая обработка металлов. 2006. № 7. С. 49-52.

3. Прогноз состояния пресованных полуфабрикатов из алюминиевых сплавов / Габидуллин А.Э.