

Формирование структуры алюминиевого сплава 1561 в режимах сверхпластичности

Рассматривается задача изучения структурных изменений сплава 1561 происходящие при деформировании его в широком температурно-скоростном интервале включающие и режимы сверхпластичности.

Экспериментальное изучение закономерностей высокотемпературного (573...773 К) растяжения осуществлялось на гагаринских образцах, вырезанных из листа сплава 1561 в направлении прокатки в диапазоне скоростей деформирования ($0,9 \cdot 10^{-5} \dots 0,87 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$). В процессе проведения опытов установлено наличие сильного влияния исходной деформационной анизотропии, внешне проявляющегося в возникновении эллипсообразного поперечного сечения из первоначального кругового. В [1, 2, 3] введен количественный показатель анизотропии и изучена его зависимость от термических и кинематических условий деформирования. В частности замечено, что анизотропия уменьшается с возрастанием степени деформации (кривые *a* и *б* на рис. 1) и увеличением скорости деформирования (рис. 1). Из графиков, представленных на рис. 1, видно, что для всех скоростей перемену захватов испытательной машины наибольшими оказываются показатели анизотропии при температуре около 693 К. При температуре реализации эффекта сверхпластичности (753 К) указанный показатель минимизируется и практически не зависит от скорости. Иными словами, при сверхпластичности деформация образца приближается к изотропной.

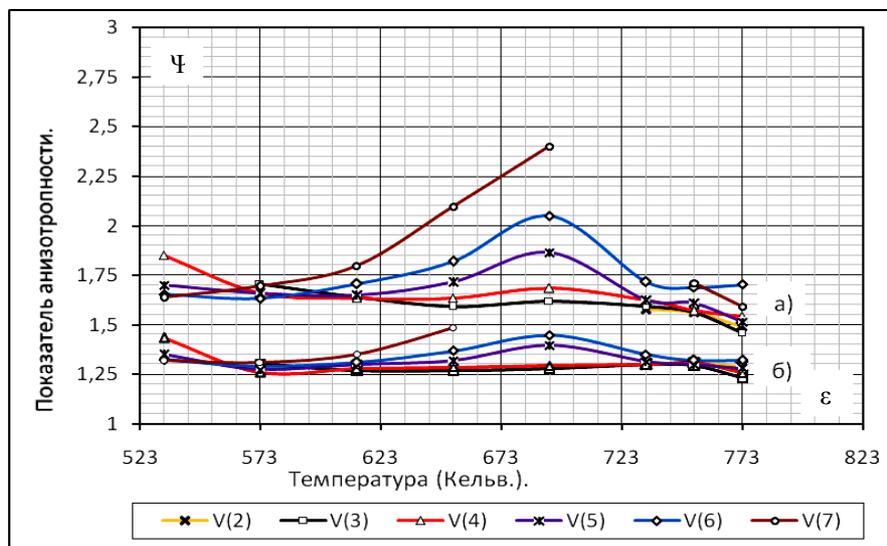


Рис. 1. Изменение показателя анизотропии (Ψ) от температуры (θ) при скоростях деформирования:

$V_2 = 0,877 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; $V_3 = 0,36 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; $V_4 = 0,143 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; $V_5 = 0,057 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; $V_6 = 0,023 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$; $V_7 = 0,009 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Кривые - *a*, при $\epsilon' = 0,1667$; и кривые - *б*, при $\epsilon' = 0,4167$.

Известно [4], что сверхпластичность промышленных алюминиевых сплавов имеет место в процессе динамической рекристаллизации с формированием равноосной мелкозернистой структуры, создавая предпосылку для реализации механизма зернограничного проскальзывания. Поэтому можно предположить, что между явлением сверхпластичности,

закономерностью изменения анизотропности и структурным состоянием сплава сушествует определенная взаимосвязь. В подтверждение сказанному механические эксперименты дополнялись металлографическими исследованиями структуры листового сплава 1561 в исходном состоянии и после температурно-скоростного растяжения при различных значениях температуры, степени и скорости деформации.

В структуре исходного недеформированного образца, как и ожидалось, выявлена сильная вытянутость зерен вдоль направлении прокатки. В поперечном сечении образца также наблюдалась явная вытянутость зерен, которые имеют плоскопараллельную «блинчатую» форму и образуют полосчатую структуру (рис. 2 а).

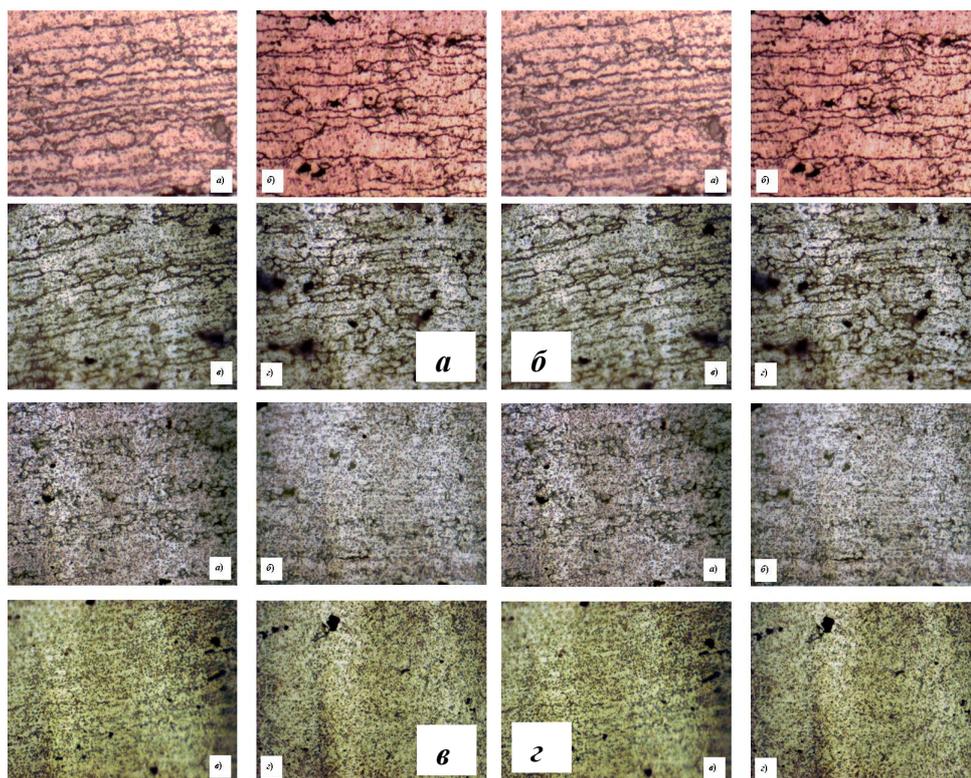


Рис. 2. Виды структур образцов из сплава 1561 (*250):

- а) – в исходном недеформированном состоянии поперечного сечения;
- б) – после растяжения в режимах $\theta = 693 \text{ K}$, $V_7 = 0,009 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, $\epsilon' = 16,6\%$;
- в) – $\theta = 753 \text{ K}$, $V_6 = 0,023 \cdot 10^{-1} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, $\epsilon' = 33,3 \%$;
- г) – $\theta = 753 \text{ K}$, $V_3 = 0,36 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, $\epsilon' = 33,3 \%$.

Исследование структуры сплава после испытаний на растяжение показало, что максимальные показатели анизотропности, наблюдаемые при 693 К, малых степенях деформации и медленных скоростях связаны с сохранением в этих режимах первоначальной полосчатой структуры материала (рис. 2 б). Установлено, что вытянутость зерен уменьшается с возрастанием степени деформации и повышением скорости деформирования. Из анализа структуры сплава при деформировании его в температурном режиме сверхпластичности (753 К) получено, что независимо от степени и скорости деформации полностью отсутствует полосчатая структура. Указанная структура идентична при всех скоростях деформирования с

признаками равноосных мелких зерен (рис. 2 в, з). Последнее подтверждается равномерным распределением частиц интерметаллидных фаз [5].

Изученная кинетика структурообразования из исходно текстурированного состояния при температурно-скоростном деформировании, включающем режимы сверхпластичности, полностью коррелируется с закономерностями деформационной анизотропности сплава. Минимальные показатели анизотропности ($\Psi = 1,3$ на рис.1) при температуре из термического интервала сверхпластичности (753 К) объясняются формированием в образце равноосных мелких зерен.

Таким образом, перевод сплава в сверхпластическое состояние предлагается считать одним из термомеханических способов получения оптимальной мелкозернистой структуры из сильно текстурированного материала. При этом показатель анизотропности следует рассматривать в качестве эволюционного макромеханического параметра, отражающего структурные преобразования, происходящие в деформируемом материале. Введение такого параметра в математическую модель позволит на макроуровне оценить процесс структурных флуктуаций.

Список литературы:

1. Пазылов Ш.Т. Влияние термомеханических режимов на деформационную анизотропию сплава 1561 / Материалы IV научной конференции КРСУ. – Бишкек, 1997. – 55 с.
2. Пазылов Ш.Т., Оморов Н.А., Арзиматов А.К. Деформационная анизотропия и сверхпластичность алюминиевых сплавов. – Вестник КРСУ. – Т. 10. – № 10. – Бишкек, 2010. – 144 с.
3. Пазылов Ш.Т., Оморов Н.А., Рудаев Я.И. О деформационной анизотропии алюминиевых сплавов. – Вестник Тамбовского университета. – Т.15. – Вып. 3. – г. Тамбов, 2010. – 974 с.
4. Рудаев Я.И. О фазовых переходах в сверхпластичности // Проблемы прочности. – 1990. – С. 50-54.
5. Золоторевский В.С. Структура и прочность литых алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1981. – 192 с.