

В. В. Лобачев

Кафедра металловедения цветных металлов НИТУ «МИСиС», г. Москва

L0BACHEV@yandex.ru

Научный руководитель – доц., канд.техн. наук *А. В. Михайловская*

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ МАГНИЯ
И ЛЕГИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ
НА МИКРОСТРУКТУРУ И ПОКАЗАТЕЛИ
СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ AL–MG.**

АННОТАЦИЯ

Методами световой и электронной сканирующей микроскопии, механических испытаний исследована структура, свойства и показатели сверхпластичности сплавов системы Al–Mg с добавками переходных металлов. Благодаря гетерогенной структуре листы сплавов имеют средний размер рекристаллизованных зерен около 5 мкм и проявляют сверхпластичность при скорости $1 \times 10^{-2} \text{ с}^{-1}$ при температурах 490–550 °С.

Ключевые слова: сверхпластичность, переходные металлы, Al–Mg сплавы.

ABSTRACT

Methods of light and scanning electron microscopy, mechanical testing are used to study the effect of transition metals on the structure, properties and superplastic indicators of Al-Mg alloys. The investigated alloys have an average recrystallised grain size about 5 microns due to the heterogeneous structure. Alloys exhibit superplasticity at a strain rate range of (0.005 to 0.01) s^{-1} and at a temperature range of (490 to 550)°C.

Key words: superplastic, transition metals, Al–Mg alloys.

Сплавы системы Al–Mg, обладая хорошей прочностью, повышенной пластичностью и высокой коррозионной стойкостью, являются одними из наиболее перспективных и недорогостоящих конструкционных материалов. В настоящий момент промышленные магналии проявляют сверхпластичность при малых скоростях, не выше 10^{-3} с^{-1} , также их производство является довольно энергоемким (требуются дополнительные отжиги листов, значительные степени холодной деформации, противодавление при формовке). Требуются сплавы со скоростями сверхпластичности порядка 10^{-2} с^{-1} , что приведет к существенному увеличению производительности метода формовки.

Целью данного исследования является разработка сплава системы Al–Mg и технологии получения из него сверхпластичных листов. Листы должны обладать удлинениями не менее 300 % при скоростях 0,005–0,01 с⁻¹.

Для исследования выбрали сплавы системы Al-Mg с содержанием Mg менее 6 % и добавками эвтектикообразующих и дисперсоидообразующих переходных металлов. Для сравнения исследовали промышленный сплав AA5083sp, производства компании AMAG, содержащий Mg – 5 %, Mn – 0,7 %, Cr – 0,1 %, Fe – 0,1 %, который используется в промышленности для сверхпластической формовки. Приготовление слитков проводили в лабораторной электрической печи сопротивления с силитовыми нагревателями в графито-шамотных тиглях. Как показали предыдущие исследования, скорость охлаждения при кристаллизации является важным параметром в технологии получения заготовок с ультрамелким зерном. Повышенная скорость кристаллизации обусловлена способностью к образованию при литье пересыщенных твердых растворов переходных металлов в алюминии с возможностью последующего выделения наноразмерных дисперсоидов – алюминидов переходных металлов. Далее проводили гомогенизационный отжиг, горячую и холодную прокатку. Рекристаллизационный отжиг, имитирующий микроструктуру сплавов в начальный момент сверхпластической деформации, проводили при температуре 0,97 Тпл в течение 20 минут.

Были опробованы несколько технологий получения листов и выбрана оптимальная, по которой в листах после проведения рекристаллизационного отжига было получено зерно наименьшего размера (табл.1).

Таблица 1

Средний размер зерна в полученных листовых полуфабрикатах толщиной 1,2 мм после отжига 20 минут при 500 °С

Средний размер зерна, мкм	Листы сплавов толщиной 1,2 мм				
	1	2	3	4	AA5083
	5,0 ± 0,2	4,8 ± 0,2	5,5 ± 0,3	5,7 ± 0,3	7,9 ± 0,2

Из полученных листов были подготовлены образцы и проведены испытания для определения показателей сверхпластичности при постоянной скорости деформации 0,005 с⁻¹ и 0,01 с⁻¹ (рис. 1, 2). Удлинения свыше 400 % достигается в сплавах состава 1 и 3 .

Получено, что механические свойства листов экспериментальных сплавов несколько превосходят свойства промышленного AA5083 (табл. 2).

Испытание на общую коррозию по стандарту ASTMG – 110 – 9 показало, что поверхность образцов сплавов не темнеет и не обнаруживается следов коррозии.

Таким образом, листы исследованных экспериментальных сплавов способны к сверхпластической деформации с удлинениями до 400 % при скорости 0,01 с⁻¹, что на порядок превышает скорость сверхпластической

деформации промышленного сплава AA5083, при этом экспериментальные сплавы имеют уровень прочностных характеристик и хорошую коррозионную стойкость.

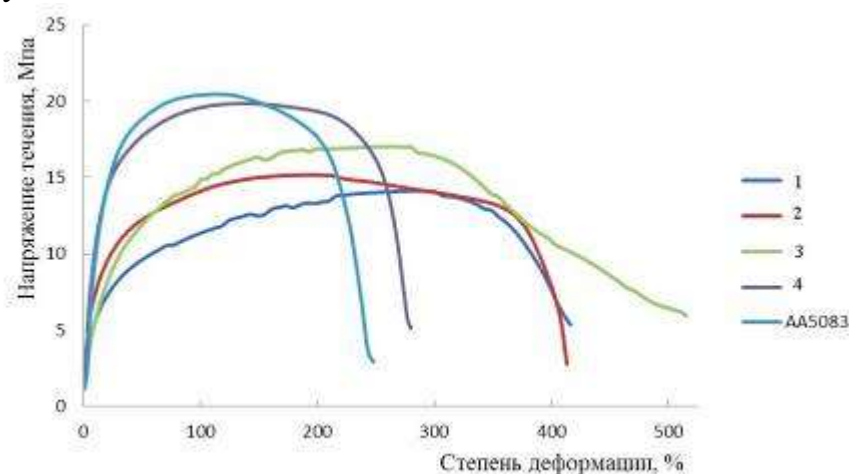


Рис. 1. Зависимость напряжения течения от деформации при постоянной скорости деформации $0,005 \text{ с}^{-1}$ при температуре $500 \text{ }^\circ\text{C}$

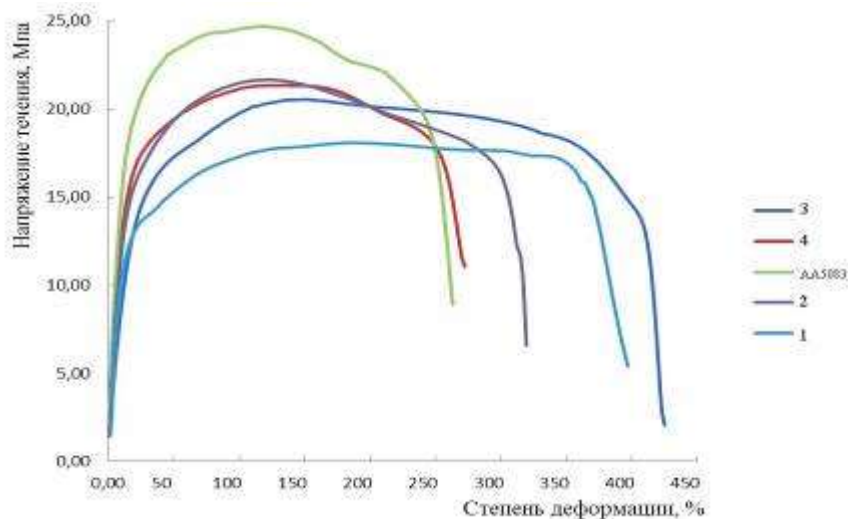


Рис. 2. Зависимости напряжения течения от деформации при постоянной скорости деформации $0,01 \text{ с}^{-1}$ при температуре $500 \text{ }^\circ\text{C}$

Таблица 2

Механические свойства при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ листов
из исследуемых сплавов в отожженном состоянии

Сплав	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %
1	195	325	21
2	200	330	18
AA5083	125	275	18