

УДК 669.017.16

ВЛИЯНИЕ ГАФНИЯ В СПЛАВЕ 1570 НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ β -ФАЗЫ И ПРОЦЕССЫ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ ГОРЯЧЕКАТАННЫХ ПЛИТ

© Пимонов М.А., Зорин И.А., Арышенский Е.В., Дриц А.М.

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация

e-mail: 2021-03227@students.ssau.ru

На сегодняшний день алюминиевые сплавы незаменимы в аэрокосмической промышленности. Добавка магния в алюминиевые сплавы существенно повышает прочностные свойства материала за счет твердорастворного упрочнения. Также у сплавов системы Al–Mg есть примечательная особенность – высокая коррозионная стойкость. Однако при достижении концентрации магния 3 % образуется избыточное количество β -фазы – Al_3Mg_2 , скопление которой по краям зерен приводит к ухудшению коррозионной стойкости и обрабатываемости сплава [1]. Легирование высокомагниевого алюминиевого сплава переходными металлами дало огромный толчок в развитии данных сплавов, например, сплав 1570 с концентрацией магния около 6 %, легированный скандием, имеет высокие прочностные характеристики и пользуется большой популярностью в космической отрасли [2]. Основными конструкционными материалами в аэрокосмической промышленности выступают такие виды полуфабрикатов, как: холоднокатаные листы и горячекатаные плиты. Целью данного исследования являлось изучение влияния гафния на распределение β -фазы и на формирование структуры при горячей прокатке в сплаве 1570 (рис. 1).

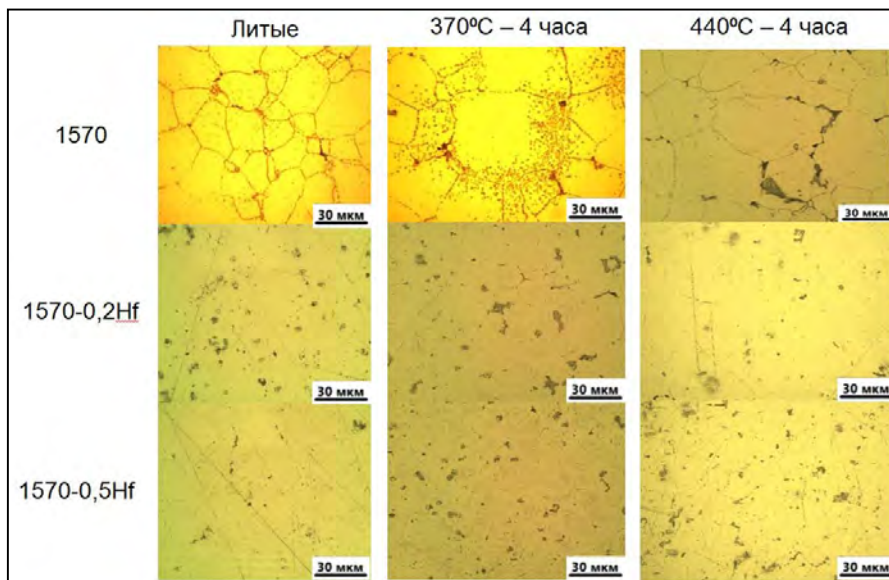


Рисунок 1 – Распределение β -фазы

В процессе исследования были отлиты в кокиль сплавы 1570, 1570–0,2Hf, 1570–0,5Hf. Гомогенизацию слитков производили в муфельной электрической печи при температуре 370°C – выдержке 8 часов и 440°C – выдержке 4 часа с последующим охлаждением в воде для фиксации пересыщенного твердого раствора. Для

исследования β -фазы были взяты образцы в литом состоянии и после отжигов 370°C – 4 часа и 440°C – 4 часа. Образцы были отполированы и протравлены в реактиве Келлера, снимки сделаны под микроскопом Axiovert-40 MAT.

На рисунке 1 в сплаве 1570 видно, как β -фаза концентрируется по краям зерен, что приводит к ухудшению коррозионной стойкости [1], а в сплавах с добавками гафния β -фаза присутствует, но распределена более равномерно по плоскости образца, что может говорить о более высокой коррозионной стойкости сплавов с добавками гафния.

Исследование влияния гафния на структуру при горячей прокатке рассматривалось на примере горячекатаных плит. Целью была имитация горячей прокатки массивных плит для промышленного производства. Прокатку проводили на лабораторном стане Duo реверсивного типа К 220-75/300 при температуре 490°C , подогрев слитков осуществлялся через каждые 3 прохода. Общий процент обжатия составил 66 %.

Сплав 1570 при наиболее высокой температуре отжига 530°C – 1 час (рис. 2) имеет смешанную структуру с преобладанием деформированной, в то время как сплавы с добавками гафния демонстрируют смешанную структуру уже при отжиге 500°C – 1 час. При отжиге же 530°C – 1 час структура сплавов 1570-0,2Hf и 1570-0,5Hf полностью рекристаллизована. Следовательно, сплавы с добавками гафния будут более пластичными. Стоит добавить, что при концентрации добавки гафния 0,5 % масс. наблюдается незначительное увеличение среднего размера зерна относительно рекристаллизованной структуры сплава с добавкой 0,2 % масс.

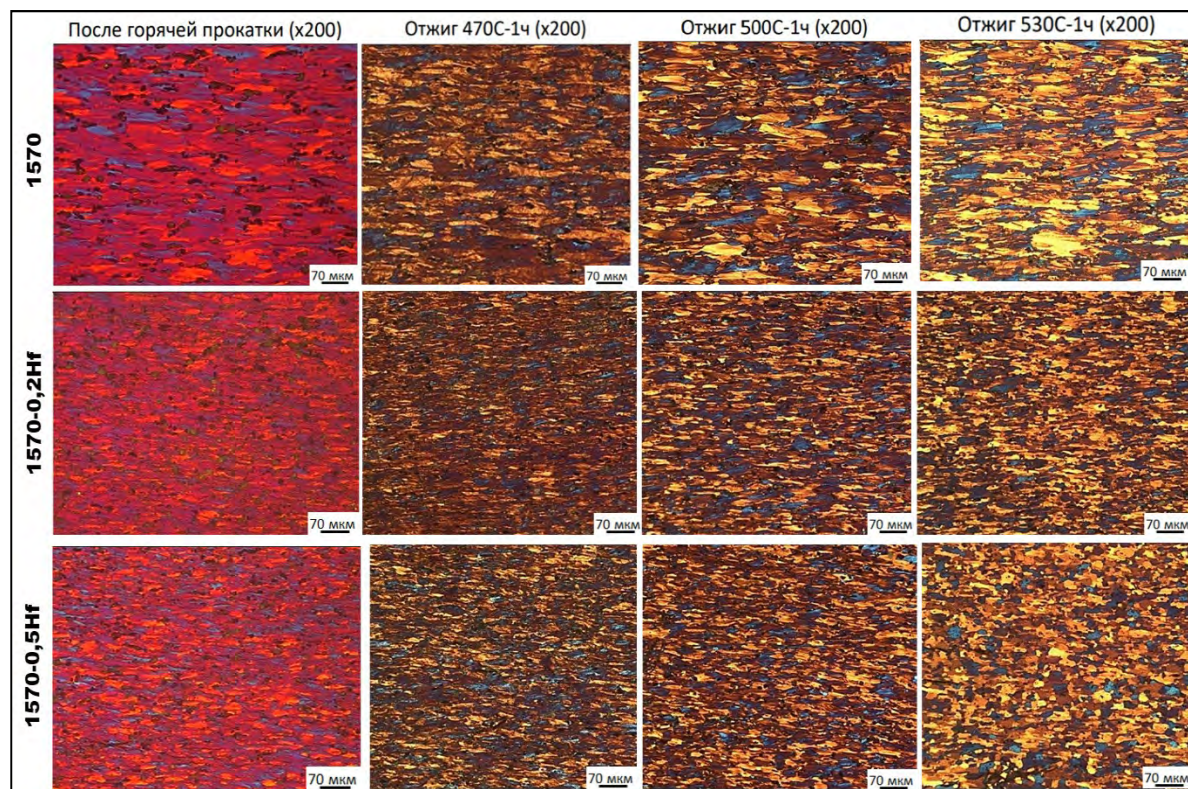


Рисунок 2 – Структура сплавов после горячей прокатки и отжигов

Данное исследование показало, что гафний положительно влияет на структуру и свойства сплава 1570, способствуя более равномерному распределению β -фазы и ускорению процессов рекристаллизации в отожженных горячекатаных плитах.

*Работы выполнены при поддержке проекта РФФ № 22–29–
01506, <https://rscf.ru/project/22-29-01506/>.*

Библиографический список

1. Krishnamurthy Sanjay C., Arseenko Mariia, Kashiwar Ankush, Dufour Philippe, Marchal Yves, Delahaye Jocelyn, Idrissi Hosni, Pardoen Thomas, Mertens Anne, Simar Aude. Controlled Precipitation in a new Al-Mg-Sc alloy for enhanced corrosion behavior while maintaining the mechanical performance // *Materials Characterization*. 2023. Vol. 200.
2. Захаров В.В., Филатов Ю.А. Современные тенденции развития алюминиевых сплавов, легированных скандием // *Технология легких сплавов*. 2022. № 3.