

УДК 534.2  
ЛОКАЛЬНОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ  
ВВЕДЕНИЕМ СГУСТКОВ ДИСКРЕТНЫХ ПОРОШКОВЫХ ЧАСТИЦ

С. М. УШЕРЕНКО, Е. И. МАРУКОВИЧ, Ю. С. УШЕРЕНКО  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Государственное научное учреждение  
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»  
Институт повышения квалификации и переподготовки кадров по новым  
направлениям развития техники, технологии и экономики БНТУ  
Минск, Могилев, Беларусь

Развитие технологии получения легированных материалов и сплавов происходит в условиях резкого изменения ключевых условий операций литья и дополнительного легирования. Причиной этих изменений является скачкообразное повышение стоимости энергии и стоимости вводимых легирующих добавок.

Для минимизации стоимостных потерь в этой ситуации необходимо, во-первых, значительное сокращение количества легирующих добавок за счет легирования материалов в форме композиционных материалов. При легировании армирующих зон по объему можно существенно сократить объем легированного материала, получая высокий уровень физико-химических свойств. Уменьшить энергетические затраты легирования литых материалов можно за счет использования нетрадиционной технологии порошковой металлургии, известной под названием процесс сверхглубокого проникания. При этом сгусток дискретных порошковых частиц примерно равный 0,1 кг вводится в объем твердого тела за время в несколько сотен микросекунд. При этом затраты импульсной энергии по абсолютной величине оказываются равным 50–100 КДж.

Качественным отличием процессов статического и динамического массопереноса является то, что флуктуации энергии и состава при динамическом переносе есть правило, а не исключение как при статике. Основной механизм перераспределения химического состава – ударно-волновое воздействие. Наличие градиентов по плотности в объеме металлической заготовки в автотельном режиме приводит к градиентам легирования в объеме алюминиево-кремниевый сплав Al-12%Si. При введении в этот сплав смеси порошков свинца и карбида кремния обеспечивается длинномерное (до 180 мм) локальное армирование. При этом состав легированной арматуры будет существенно отличаться от исходного состава литой заготовки (табл. 1).

Табл. 1. Концентрация химических элементов в разных точках зон влияния (масс.%)

№	Al	Si	Ca	K	Pb	Mg	Fe	Mn	Ti	Zn
1	61,41	12,44	7,50	3,64	10,54	2,24	0,88	0,50	0,80	0,00
2	94,64	1,41	0,05	0,06	1,19	2,17	0,10	0,35	0,01	0,00
3	69,87	13,43	4,54	3,22	5,49	2,08	0,24	0,00	1,11	0,00
4	79,49	0,33	0,24	0,07	0,60	0,00	7,65	0,05	1,84	0,00
5	75,72	2,26	0,27	0,00	1,66	0,00	9,82	7,48	0,06	2,71
6	1,94	14,48	0,49	3,14	2,35	0,25	76,86	0,25	0,06	0,15
7	51,30	3,92	0,63	0,00	5,36	0,00	9,93	4,62	0,14	24,08
8	86,9	12,75	0,00	0,00	0,03	0,01	0,13	0,06	0,00	0,05

Примечание: №1 – усреднение по поверхности 200×300 мкм; №8 – исходный анализ после литья заготовки

В зонах влияния обнаруживается большое количество легирующих элементов. Например, легирующие элементы, которые отсутствовали в исходном материале. Были обнаружены калий и кальций (K и Ca). Эти элементы в процессе изготовления (литья) по технологическим причинам удаляются из расплава. Концентрация Ca в различных точках зоны изменялась от 0,05 до 7,5 масс.%. Концентрация K меняется до 3,64 масс.%. При данном анализе возможная ошибка не превышает 0,4 масс.%. Значение концентрации Pb в зоне влияния во всех анализах от 0,60–10,54 масс.%, что превышает фоновое содержание в исходном сплаве (0,03 масс.%). Титана не было в исходном сплаве. Концентрация Ti в зоне влияния колеблется от 0,01 до 1,84 масс.%. Цинк был в исходном сплаве в качестве примеси – 0,05 масс.%. Концентрация Zn в двух точках анализа оказалась значительно выше фонового значения от 2,71 до 24,08 масс.%, поэтому результаты нельзя объяснить как приборную ошибку. Прошивка алюминиевой матрицы частицами приводит к сильным искажениям в зоне проникновения. Размер поперечного сечения в канальной зоне всегда меньше, чем исходный размер ударника.

Основные выводы.

1. В алюминии и сплаве Al-12%Si зона «влияния» представляет собой матрицу, простроченную волокнами из синтезированного при СГП материала.

2. В комплексе материал зоны «влияния» отличается от матрицы специфической реакцией на химическое и электрохимическое травление. За счет отличия в химических и электрохимических свойствах удалось установить, что доля зон «влияния» составляет 8–10% от объема образца материала.

3. Материал зон «влияния» можно активировать или ингибировать по сравнению с металлической матрицей, используя различные порошки.

4. Алюминий и сплав Al-12%Si при СГП армируются по объему зонами «влияния» из перестроенного материала и приобретают структуру и свойства типичного композиционного материала.