

Е. И. МАРУКОВИЧ, В. Ю. СТЕЦЕНКО,
А. М. БРАНОВИЦКИЙ, ИТМ НАН Беларуси

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ЛИТЬЕ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА С ИНВЕРТИРОВАННОЙ СТРУКТУРОЙ

УДК 669.715

Инвертированная структура имеет особенные механизмы образования. Для их выявления исследовали влияние ультразвука, скорости затвердевания и длительности процесса непрерывного литья заэвтектического силумина на дисперсность и распределение первичных кристаллов кремния (β_{Si} -фазы). Изучали микроструктуру непрерывнолитых заготовок сплава Al + 18 % Si, которые получали по специальной технологии методом слияния двух расплавов [1]. Первый состоял из Al + 40 % Si и имел температуру 630 °С. Второй — технически чистый алюминий А7, нагретый до 900 °С. После их слияния и перемешивания расплав, содержащий первичные кристаллы кремния, разливали на машине непрерывного горизонтального литья. Модифицирование жидкого металла не производилось. Общая масса разливаемого сплава составляла 10 кг, длительность процесса литья — 30 мин. Получали непрерывнолитые слитки диаметром 33 мм.

Для обработки расплава ультразвуком было разработано специальное устройство. Оно состояло из генератора УЗГ 2-4М, магнитострикционного преобразователя акустических волн, концентратора и излучателя (рис. 1). Мощность устройства — 1 кВт, частота — 18,5 кГц.

Инвертированность структуры определялась по пластичности образцов высотой 30 мм, которые вырезали из начальной, средней и конечной частей слитков. Образцы подвергали осадке на прессе с усилием 60 т. Во всех случаях величина деформации составляла 50 %. Следов трещин на прессованных образцах не обнаружено. Полученные опытные слитки как обработанные ультразвуком, так и без него были пластичны и имели инвертированную структуру в литом состоянии. Она достигнута разбавлением жидкого металла близэвтектического состава и разрушением первичных дендритных кристаллов расплавом технически чистого алюминия.

Сравнительный анализ микроструктур опытных образцов Al + 18 % Si показал, что обработка ультразвуком расплава в металлоприемнике не оказывала влияния на дисперсность и распределе-

Peculiarities of structure formation in hypereutectic silumin with inverted microstructure at horizontal continuous casting have been investigated.

ние первичных кристаллов кремния в наружной, средней и внутренней частях непрерывнолитого слитка (рис. 2). Это можно объяснить тем, что первичные кристаллы β_{Si} -фазы, находясь в металлоприемнике, уже достаточно диспергированы и равномерно распределены в объеме расплава.

Расчетными методами установлено, что линейные скорости затвердевания наружного слоя исследуемого слитка в 2,5 — 3,0 раза больше, чем аналогичные, но для внутреннего слоя. Поэтому при обычном способе литья дисперсность фазовых составляющих в наружной зоне непрерывнолитой отливки заметно (в 2—3 раза) выше, чем во внутренней зоне (рис. 3, в, е). При литье сплава Al+18% Si с инвертированной структурой величина первичных кристаллов кремния одинакова как в наружных (рис. 3, а, г), так и во внутренних слоях отливки (рис. 3, б, д). Это можно объяснить тем, что при обычном способе литья первичные кристаллы β_{Si} -фазы при кристаллизации выделяются из расплава, перегретого выше температуры ликвидуса. Поэтому дисперсность выделяющихся

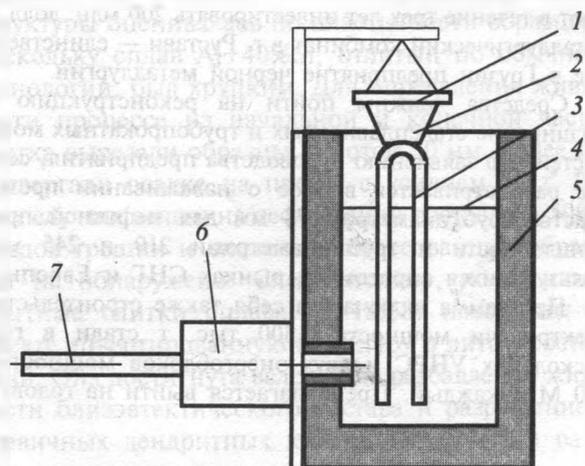


Рис. 1. Схема обработки расплава ультразвуком: 1 — преобразователь; 2 — концентратор; 3 — излучатель; 4 — уровень металла; 5 — металлоприемник; 6 — кристаллизатор; 7 — отливка

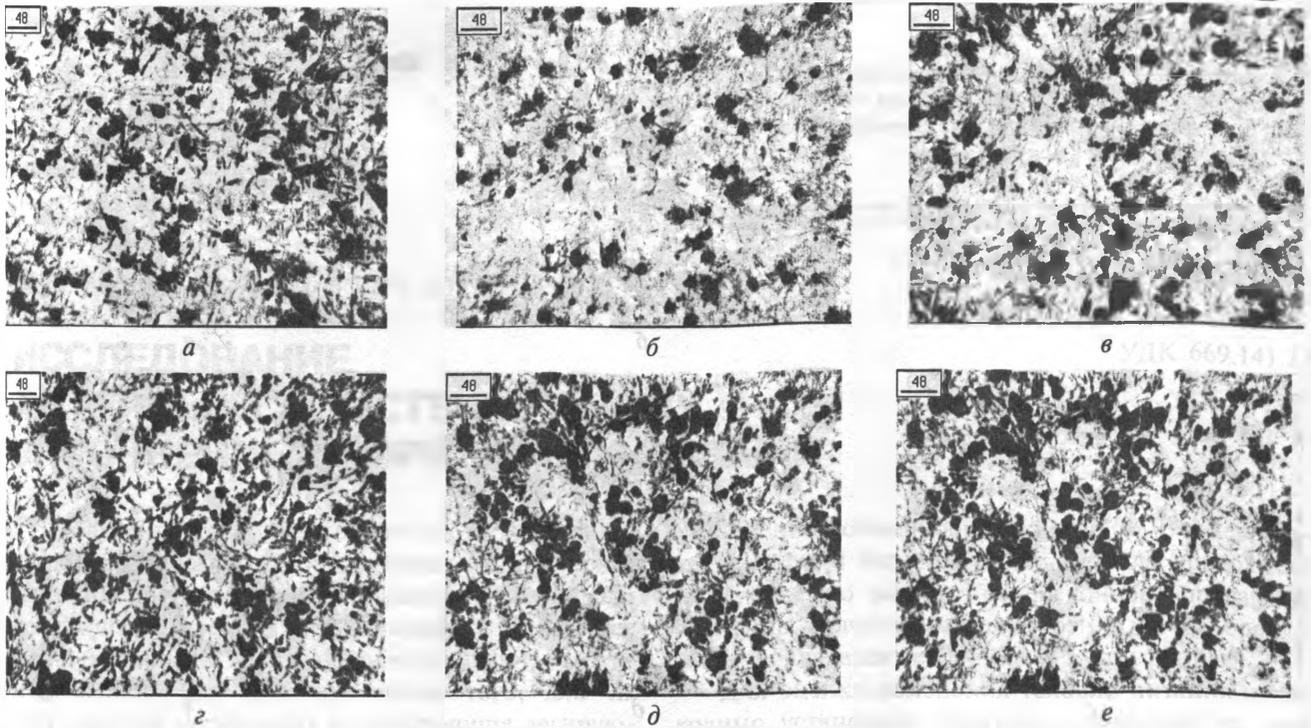


Рис. 2. Влияние ультразвука на инверсию структуры непрерывнолитого слитка диаметром 33 мм сплава Al + 18 % Si (начало процесса): а, г — наружная зона; б, д — средняя зона; в, е — внутренняя зона; а, б, в — обработка ультразвуком; г, д, е — без обработки ультразвуком. $\times 200$

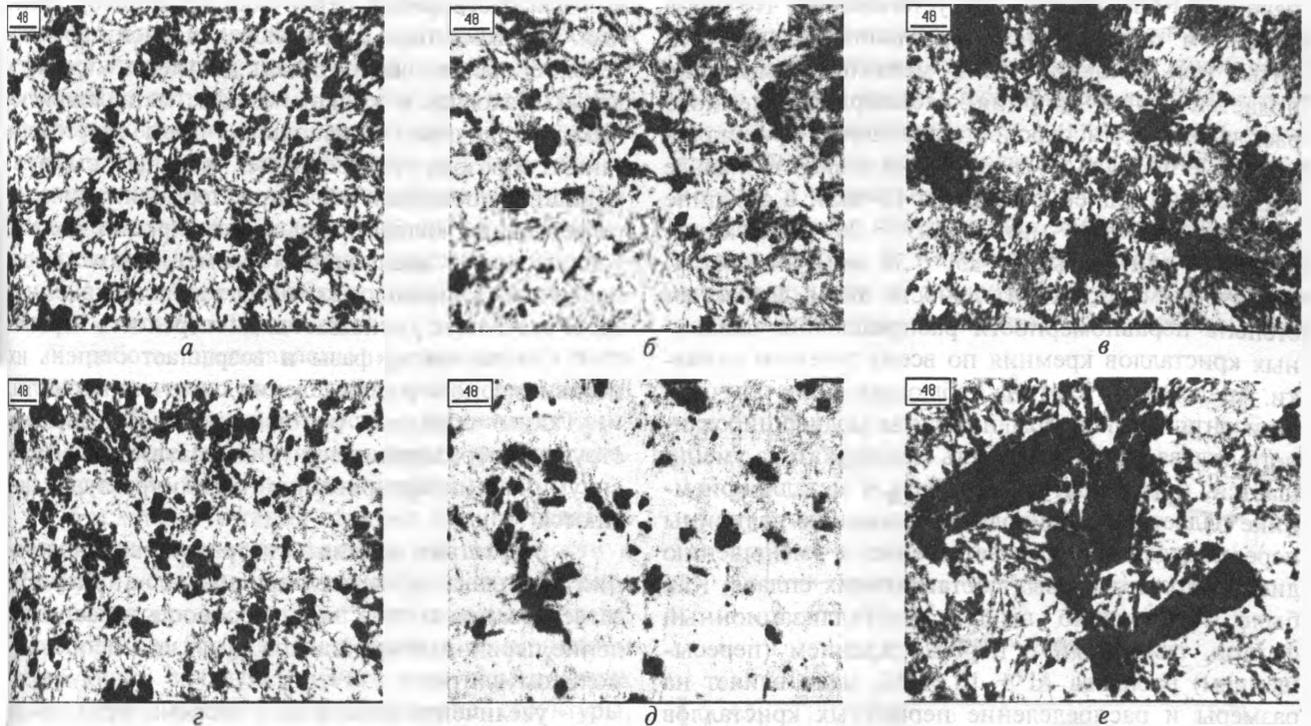


Рис. 3. Влияние скорости затвердевания на инверсию структуры непрерывнолитого слитка диаметром 33 мм сплава Al + 18 % Si (без ультразвуковой обработки): а, б, в — наружная зона; г, д, е — внутренняя зона; а, г — начало процесса; б, д — через 15 мин литья; в, е — неинвертированное (обычное) литье через 15 мин литья. $\times 200$

фаз будет зависеть от степени переохлаждения (пересыщения) жидкого металла при кристаллизации. Чем выше линейная скорость затвердевания, тем больше увеличивается переохлаждение, тем дисперснее будут фазовые составляющие сплава. При инвертированном литье первичные кри-

сталлы β_{Si} -фазы из жидкости в основном уже выделились при охлаждении сплава Al + 40 % Si до температуры 630°C, поэтому пересыщение расплава существенно уменьшилось. В таких условиях скорость затвердевания расплава будет слабо влиять на первичные кристаллы кремния и их дис-

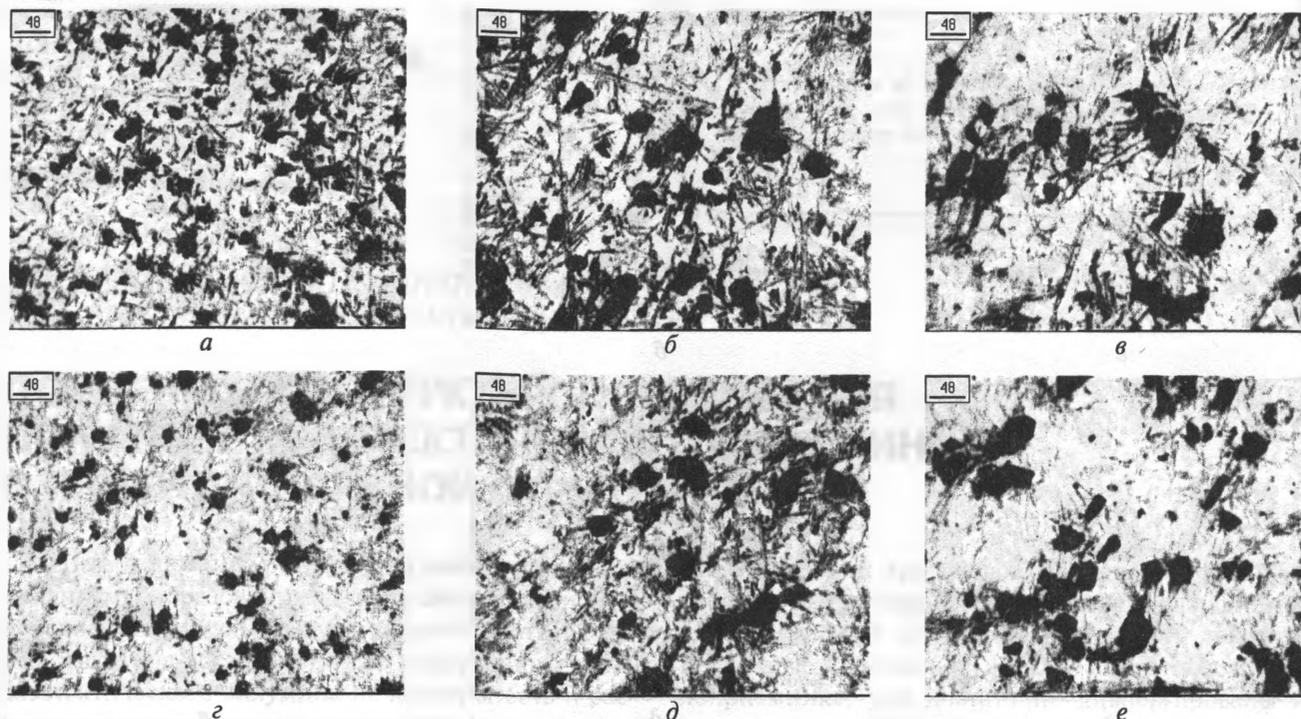


Рис. 4. Влияние длительности процесса литья на инвертированную структуру непрерывнолитого слитка диаметром 33 мм сплава Al + 18 % Si (с ультразвуковой обработкой): а, б, в — наружная зона; з, д, е — средняя зона; а, з — начало процесса; б, д — середина процесса (15 мин литья); в, е — конец процесса (30 мин литья). $\times 200$

перность. Опытным путем установлено, что она в основном определяется длительностью процесса литья при условии, что в металлоприемник не подается новая порция свежеприготовленного расплава. Так, дисперсность первичных кристаллов β_{Si} -фазы по всему сечению отливки в начале процесса в среднем составляет 15 мкм, в середине процесса (через 15 мин литья) — 20–25, в конце (через 30 мин литья) — 25–35 мкм (рис. 4). С увеличением продолжительности литья возрастает степень неравномерности распределения первичных кристаллов кремния по всему сечению отливки. Аналогичная картина наблюдается при обычном горизонтально-непрерывном литье модифицированного сплава, когда живучесть модификатора уменьшается, и температура расплава в металлоприемнике падает. Это приводит к снижению величины переохлаждения и соответственно к уменьшению дисперсности фазовых составляющих сплава. Как было установлено выше, кристаллизационный фактор, связанный с переохлаждением (пересыщением) расплава Al + 18 % Si, мало влияет на размеры и распределение первичных кристаллов кремния. В момент кристаллизации они уже присутствуют в расплаве и могут только уменьшаться в поперечном сечении, растворяясь, но не увеличиваясь в размере. Но эксперимент показывает обратную картину (рис. 4). При относительно низкой температуре литья (металла в металлоприемнике), когда $T < T_{\text{л}}$, нет термодинамических усло-

вий для растворения первичных кристаллов кремния. Поэтому они сохраняются в расплаве длительное время, обеспечивая живучесть процесса литья. Находясь в жидком металле металлоприемника, первичные кристаллы β_{Si} -фазы ведут себя таким образом, что большие частицы "съедают" меньших, поскольку последние термодинамически не устойчивы вблизи первых. Этот процесс должен усиливаться с увеличением времени нахождения первичных кристаллов кремния в металлоприемнике. В результате уменьшается дисперсность первичных кристаллов β_{Si} -фазы и возрастает степень их неравномерного распределения по сечению слитка.

Таким образом, основными особенностями структурообразования при литье заэвтектического силумина с инвертированной микроструктурой являются:

- отсутствие влияний ультразвуковых колебаний расплава в металлоприемнике и скорости затвердевания сплава на дисперсность и распределение первичных кристаллов β_{Si} -фазы в непрерывнолитом слитке;
- увеличение размеров и степени неоднородности распределения первичных кристаллов кремния по длине слитка с возрастанием времени литья, выдержки расплава в металлоприемнике.

Литература

1. Марукович Е. И., Стеценко В. Ю. Литье заэвтектических силуминов с инвертированной структурой // Литье и металлургия. 2000. № 4. С. 54.