



## Влияние маломощной механической вибрации на структуру и свойства эвтектических сплавов Al-Si и Al-Cu

*Изучено влияние маломощной вибрации с различной частотой колебаний на структуру и свойства эвтектических сплавов Al-Si и Al-Cu. Показано, что при частоте колебаний 50 Гц происходит смещение эвтектической точки в перетектическую область. Ил. 8. Библиогр.: 3 назв.*

**Ключевые слова:** эвтектика, частота колебаний, маломощная вибрация

*Al-Si and Al-Cu*

*The effect of a low-power vibrations with different frequencies of oscillations on the structure and properties of eutectic Al-Si alloys and Al-Cu. It is shown that the oscillation frequency of 50 Hz is a shift of the eutectic point in peretekticheskuyu area.*

**Keywords:** eutectic, the oscillation frequency, low-power vibration.

### Постановка задачи в общем виде

В литературе известно, что принудительные колебания и перемешивания расплава в процессе кристаллизации эффективно измельчают структуру металла. Однако механизм измельчения зерна изучен недостаточно [1].

Считают, что при наложении колебаний зерно измельчается главным образом в результате разрушения дендритных кристаллов. Согласно [2] при воздействии волны давления уменьшается критический размер стабильных зародышей металла, дающего усадку при затвердевании. Но при этом трудно объяснить, как выживают зародыши в период волны разрежения, которая увеличивает критический размер. Если при наложении колебаний зерно измельчается в результате облегчения зародышеобразования в расплаве, то трудно объяснить, почему этот же фактор не содействует зародышеобразованию чистых металлов.

Согласно [1] существуют два фактора воздействия вибрации на структуру в процессе кристаллизации. Первый фактор состоит в том, что колебания способствуют смачиванию расплавом поверхности формы, а это в свою очередь облегчает теплоотвод от расплава через стенку формы. Но поскольку в обычных условиях поверхность расплава покрыта оксидными пленками, то трудно ожидать однородного его контакта с этой стенкой. Колебания разрушают оксидные пленки, облегчают смачивание поверхности формы, в результате скорость охлаждения расплава увеличивается, т.е. облегчается зарождение кристаллов, вследствие этого измельчается структура наружного слоя слитков [1].

Второй фактор заключается в том, что наложение колебаний способствует разобщению шейкообразных кристаллов со стенкой литейной формы. Чтобы кристаллы, растущие на стенке формы, разобщались,

желательно сужение их корневой части. Для металлов, затвердевающих с плоским фронтом кристаллизации, например, чистых металлов, невозможно отделение кристаллов от стенки формы. Однако если металлический расплав содержит достаточно растворенного вещества для формирования дендритных кристаллов при затвердевании, то принудительные колебания могут способствовать формированию равноосных кристаллов [1].

### Анализ последних исследований

В работе [3] рассматривались особенности влияния вибрации на структуру эвтектического затвердевания, которые заключаются в том, что необходимо учитывать одновременное воздействие колебательных процессов на две или несколько фаз, имеющих различные смысловые нагрузки в процессе кристаллизации. Последняя зарождается на фазе, которая имеет более сложное кристаллографическое строение и определяет законы роста эвтектического зерна. Присутствие колебательных процессов в жидкости усложняет процесс зарождения (уменьшая концентрационное переохлаждение) и появления необходимого для раздельного или кооперативного роста контакта ведущей и ведомой фазы. В связи с этим уменьшается степень эвтектичности расплава.

### Постановка задачи в общем виде

В связи с этим в настоящей работе рассмотрено влияние маломощной вибрации с различной частотой на структуру эвтектических сплавов.

Для исследования влияния вибрации различных частот были выбраны сплавы системы Al-Si (весовая доля Si 12,6 %) и Al-Cu (весовая доля Al 67 %). Плавление сплавов проводили в муфельной печи с измерением температуры непосредственно в сплаве. Плавки производили в графитовом тигле. После плавления заготовки температуру сплавов доводили для систем

**Постановка задачи в общем виде**

В литературе известно, что принудительные колебания и перемешивания расплава в процессе кристаллизации эффективно измельчают структуру металла. Однако механизм измельчения зерна изучен недостаточно [1].

Считают, что при наложении колебаний зерно измельчается главным образом в результате разрушения дендритных кристаллов. Согласно [2] при воздействии волны давления уменьшается критический размер стабильных зародышей металла, дающего усадку при затвердевании. Но при этом трудно объяснить, как выживают зародыши в период волны разрежения, которая увеличивает критический размер. Если при наложении колебаний зерно измельчается в результате облегчения зародышеобразования в расплаве, то трудно объяснить, почему этот же фактор не содействует зародышеобразованию чистых металлов.

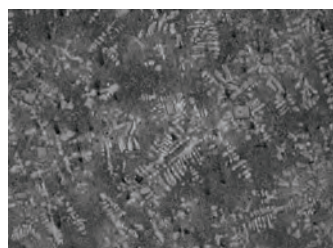
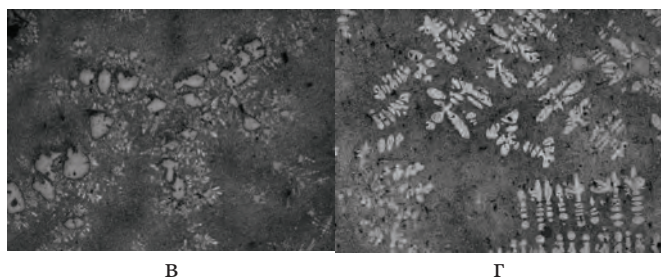
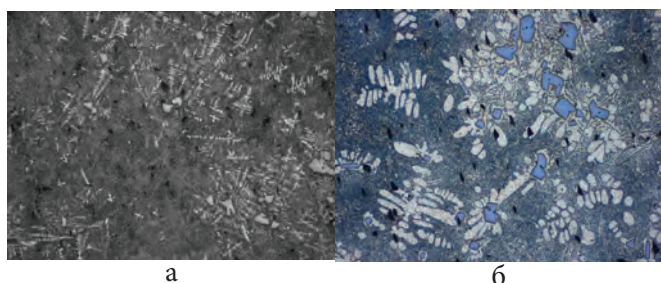
Согласно [1] существуют два фактора воздействия вибрации на структуру в процессе кристалли-

Как известно [4] мощность вибрации пропорциональна квадрату амплитуды колебаний. В наших исследованиях амплитуда колебаний была практически равной нулю, поэтому значениями амплитуды при анализе полученных данных можно пренебречь.

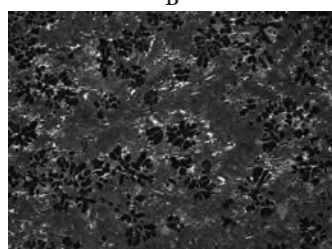
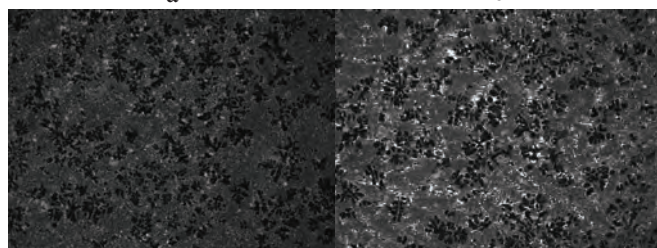
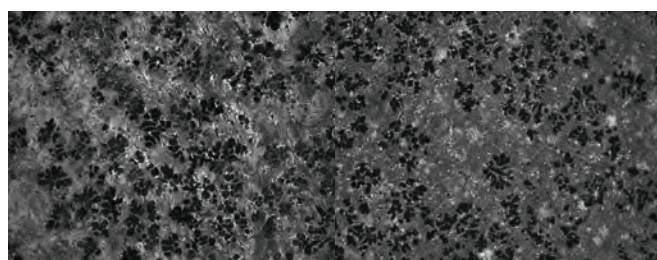
Таким образом, можно считать, что в процессе кристаллизации эвтектических расплавов Al-Si и Al-Cu к ним подводилась маломощная вибрация.

На рис. 1, 2 показаны микроструктуры эвтектических сплавов

Al-Si и Al-Cu, соответственно.

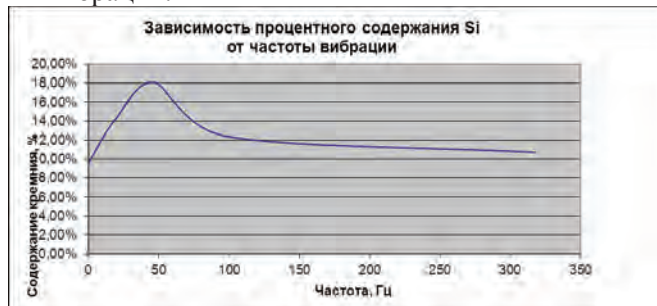


**Рис. 1. Структура эвтектического сплава Al-Si:** а – без вибрационного воздействия, Гц; б – с частотой вибрации 20; в – с частотой вибрации 50; г – с частотой вибрации 100; д – с частотой вибрации 300

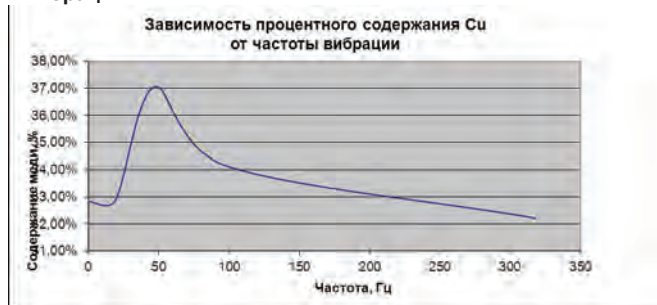


**Рис. 2. Структура эвтектического сплава Al-Cu, Гц:** а – без вибрационного воздействия; б – с частотой вибрации 20; в – с частотой вибрации 50; г – с частотой вибрации 100; д – с частотой вибрации 300

Для изучения влияния вибрационного воздействия на эвтектику был проведен количественный анализ структурных составляющих. На диаграммах 3 и 4 показана зависимость количества Si и Cu от частоты вибрации.



**Рис. 3. Зависимость процентного содержания Si от частоты вибрации**



**Рис. 4. Зависимость процентного содержания Cu от частоты вибрации**

Как видно на рис. 3, 4, с увеличением частоты вибрационного воздействия при кристаллизации эвтектик Al-Si и Al-Cu точка эвтектики сдвигается в сторону меньших значений Al и достигает минимального количества при частоте 50 Гц. А затем снова возвращается к равноосному состоянию и при частоте 300 Гц



начинает переходить в доэвтектическую зону.

Таким образом, можно сделать выводы о том, что маломощная механическая вибрация с частотой 50 Гц максимально смещает точку эвтектики в перетектическую область.

Упругие колебания, оказывая воздействие на структуру наплавленного металла, влияют на его твердость. В связи с этим было решено провести испытания по измерению микротвердости полученных образцов из эвтектических сплавов Al-Si и Al-Cu, которые подвергались вибрационному воздействию. Для более достоверной информации измеряли микротвердость отдельных структурных составляющих сплавов. Результаты измерений приведены на диаграммах 5–8.

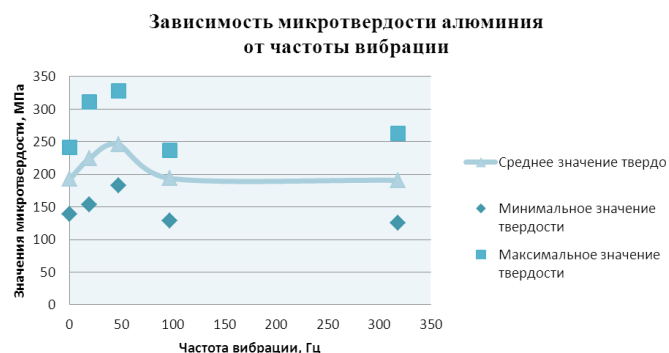


Рис. 5. Зависимость микротвердости Al в эвтектическом сплаве Al-Si от частоты вибрации в кристаллизаторе

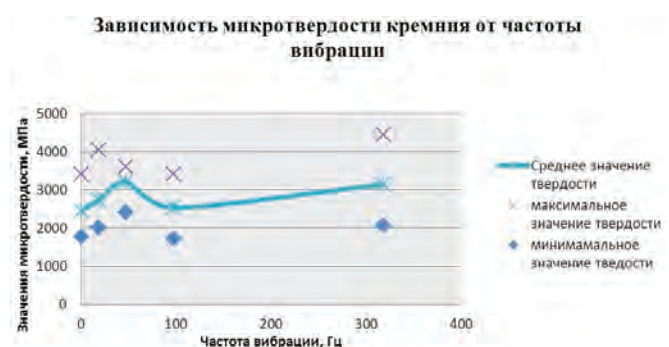


Рис. 6. Зависимость микротвердости Si в эвтектическом сплаве Al-Si от частоты вибрации в кристаллизаторе

Таким образом, из полученных результатов можно сделать заключение о том, что механическая вибрация с частотой 50 Гц не только смещает

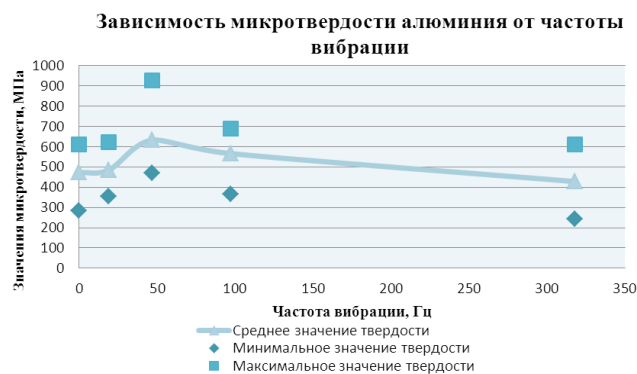


Рис. 7. Зависимость микротвердости Al в эвтектическом сплаве Al-Cu от частоты вибрации в кристаллизаторе

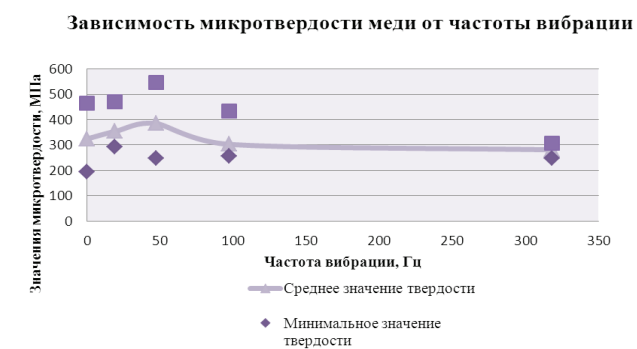


Рис. 8. Зависимость микротвердости Cu в эвтектическом сплаве Al-Cu от частоты вибрации в кристаллизаторе

точку эвтектики, но и увеличивает временное сопротивление разрушению, что говорит о том, что для получения высоких прочностных характеристик достаточно прикладывать вибрации с частотой 50 Гц.

**Библиографический список**

1. Оно А. Затвердевание металлов. Пер. с англ. – М.: Металлургия, 1980. – 152 с.
2. Wallace J. / J. of Metals, 1963. – V. 5. – P. 373.
3. Управление многофазной кристаллизацией с помощью вибрационного воздействия на расплав / В.И. Большаков, Н.А. Ротт // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. научн. тр. Вып. № 65. – Днепропетровск: ГВУЗ «ПГАСА», 2012. – № 65. – С. 52–56.
4. www.cnt-moscow.ru/ru/bible/osn

Поступила 22.05.2013

**ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!**

*В редакции можно приобрести по льготной цене авторские экземпляры журнала. Просим заблаговременно подать заявку для формирования тиража.*

**контактный телефон 056-744-81-66  
(факс) 0562-46-12-95**