

В. Б. ЮФЕРОВ, д-р техн. наук, ННЦ ХФТИ, Харьков;
И. В. БУРАВИЛОВ, мл. науч. сотр., ННЦ ХФТИ, Харьков;
Д. В. ВИННИКОВ, мл. науч. сотр., ННЦ ХФТИ, Харьков;
А. Н. ПОНОМАРЕВ, мл. науч. сотр., ННЦ ХФТИ, Харьков;
Е. В. МУФЕЛЬ, мл. науч. сотр., ННЦ ХФТИ, Харьков;
Б. В. БОРЦ, канд. техн. наук, ННЦ ХФТИ, Харьков;
А. Ф. ВАНЖА, канд. техн. наук, ННЦ ХФТИ, Харьков;
А. Ю. ПАХОМОВ, специалист, НТУ «ХПИ»;
К. И. ЖИВАНКОВ, бакалавр, НТУ «ХПИ»;
В. В. ГАРБУЗ, специалист, НТУ «ХПИ»

ОБ ИЗМЕНЕНИИ РАЗМЕРОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЗЕРЕН МЕТАЛЛОВ В ПРОЦЕССЕ ПЛАВКИ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ

Наведені результати експериментів по впливу на розплави легкоплавких металів, одержуваних у процесі плавки в атмосферних і вакуумних умовах, з імпульсно-акустичним впливом. Запропоновано методику обробки металів в лабораторних умовах. Отримано шліфи злитків сплаву Вуда і чистого олова.

The experimental results of pulsed-acoustic impact on melts of fusible metals produced during melting process in the atmospheric and vacuum conditions, have been presented. The technique of metal processing in the laboratory has been proposed. Thin sections of Wood alloy ingots and pure tin are obtained.

Ранее, в [1, 2], обсуждалась возможность импульсно-акустической обработки расплавов металлов в вакуумно-дуговой печи с целью получения мелкокристаллической структуры слитков металлов для улучшения их коррозионно-стойких свойств. В качестве электро-разрядного генератора импульсов (ЭРГУК) используется электрогидравлическая установка, работающая в диапазоне частот до 10 Гц и запасенными энергиями от 40 до 360 Дж. В работе [3] рассмотрены результаты воздействия на расплавы в вакуумно-дуговой печи излучателей пневмомеханического типа с частотами 90 Гц и энергиями 13 Дж/имп. Получены позитивные результаты по уменьшению кристаллического зерна.

В настоящей работе рассмотрены результаты экспериментов по воздействию на расплавы легкоплавких металлов, получаемых в процессе плавки в атмосферных и вакуумных условиях, под влиянием совокупности явлений, сопровождающих электрогидравлический разряд (ЭГР). Воздействующими факторами являются импульсные акустические поля, ударные волны и высокие давления [4]. Изменения в структуре металлов достигаются за счет интенсификации гидродинамических, тепломассообменных и физико-химических процессов в расплаве, влияющих на изменения структурозависимых свойств литого металла. Быстро чередующиеся импульсы упругих колебаний вследствие несимметричности фаз сжатия и разрежения увеличивают локально градиент плотности дефектов между мультислой и другими зонами и, таким образом, способствуют росту твердой фазы. В целом появившиеся и размножив-

шиеся в полях мощных упругих колебаний зародыши кристаллов при умеренных перегревах стабилизируются во всем объеме расплава, инициируя объемную кристаллизацию на последующих стадиях затвердевания. Из микропроцессов, выполняющих существенную роль при кристаллизации, по-видимому, существенны конвективные и гравитационные потоки. Мощные упругие колебания и низкочастотная общая вибрация, генерируемые электровзрывом, благоприятно изменяют потоки так, что они эффективно разрушают ликвационный слой и систему направленного осаждения кристаллов. Этот механизм способствует и более равномерному распределению примесей.

Моделирующие эксперименты проводились с легкоплавкими металлами – оловом и сплавом Вуда на электрогидроимпульсной установке (рис. 1), где тигель 2 располагается на катоде, закрепленном на мембране электроразрядной камеры 1.

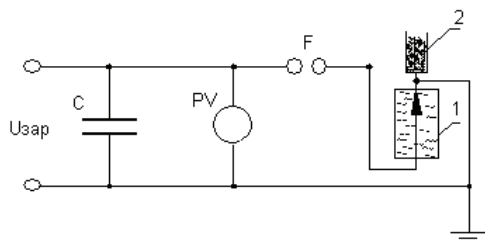


Рисунок 1 – Электрогидроимпульсная установка

Фото камеры с тиглем представлены на рис. 2. Олово и сплав ВУДА были выбраны для проведения экспериментов среди других технических металлов и сплавов, так как они выделяются относительно низкой температурой плавления, малой твердостью и высокой коррозионной стойкостью. Наличие этих свойств, а также относительная дешевизна предопределило выбор данных двух материалов по отношению к другим.

Целью эксперимента было получение мелкокристаллической структуры слитков легкоплавких металлов. При импульсном акустическом воздействии на расплав при определенных параметрах возможно уменьшение количества дендритов первого порядка с более равномерным распределением примесей по объему слитка и получение мелкодисперсной кристаллической структуры слитка.

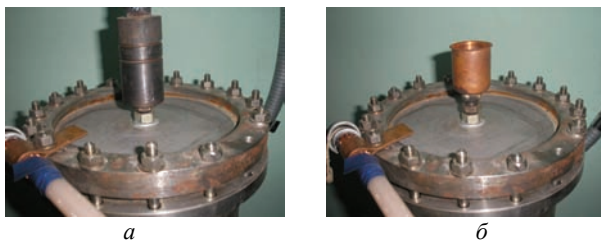


Рисунок 2 – Фото камеры с тиглем

Были проведены экспериментальные плавки со сплавом Вуда и чистым оловом. Плавки сплава Вуда проводились при атмосферных условиях, в медном тигле с толщиной стенок 2мм (рис. 2, б). Рабочее напряжение варьировалось от 15 до 25 кВ, частота воздействия составляла 0,5-3Гц.

Импульсное акустическое воздействие начиналось, когда сплав находился в жидкой фазе и продолжалось еще 2 минуты после его затвердевания. Охлаждение слитка до комнатной температуры без принудительного охлаждения.

При изучении шлифов слитков сплавов ВУДА было установлено, что импульсное акустическое воздействие привело лишь к слабовыраженным изменениям в первоначальной структуре слитка. Причем не всегда эти изменения характеризовались уменьшением размеров кристаллов зерна. В некоторых образцах было замечено незначительное увеличение зерна. Однако во всех образцах было замечено более равномерное распределение размеров кристаллических зерен по объему, что отображено на рис. 3, где *а* – шлиф переплава без воздействия, соответственно *б* – с воздействием. Для исключения влияния примесей в сплавах в дальнейшем при проведении экспериментов использовалось чистое олово.

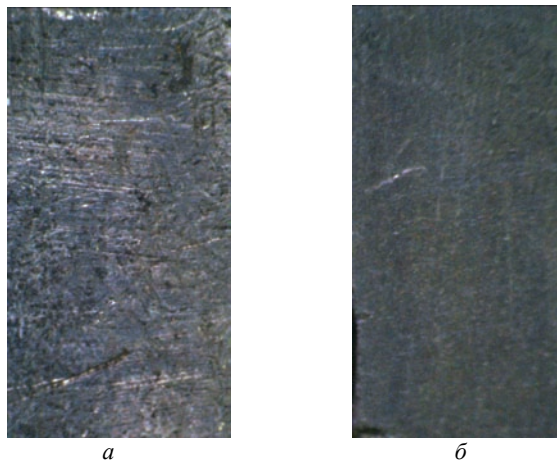


Рисунок 3 – Шлифы слитков сплавов ВУДА

Чистое олово (β -Sn) кристаллизуется из расплава в форме крупных столбчатых кристаллов.

Чистое олово плавилось в тигле из нержавеющей стали с толщиной стенок 8 мм (см. рис. 2, а). Толщина стенки изменилась для более отчетливого проявления эффекта воздействия на макроструктуру за счет увеличения времени кристаллизации и уменьшения градиента температуры, который приводит к нежелательным трещинам и кавернам на стенках слитка. Энерговклад варьировался от 240 Дж/импульс до 305 Дж/импульс, частота воздействия составляла 0,5-2Гц. Охлаждение слитка до комнатной температуры с принудительным охлаждением. Электрогидроимпульсное воздействие начиналось, когда металл уже находился в

жидкой фазе, и продолжалось в течение всего времени до и после его затвердевания, до погружения в воду с целью более быстрого охлаждения во избежание роста дендритов второго и третьего порядков (более мелких ответвлений от основного дендрита первого порядка) [5].

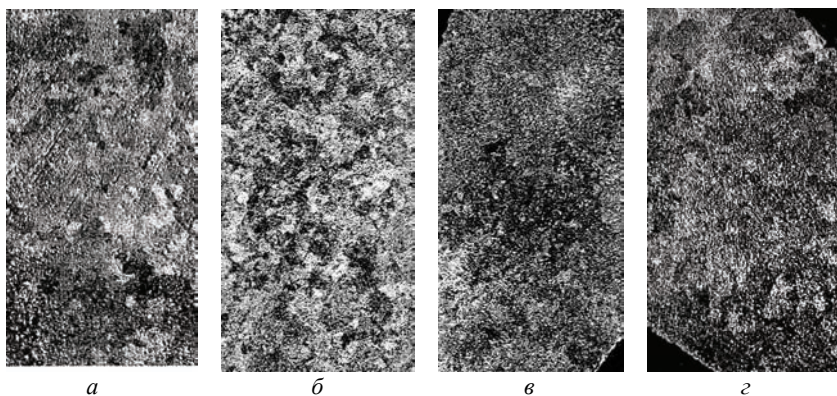


Рисунок 4 – Плавки с чистым оловом

В ходе плавки с чистым оловом были получены следующие результаты (см. рис. 4). На рисунке приведены микрофотографии слитков чистого олова, где а – шлиф слитка после переплава без электрогидроимпульсного воздействия; б – шлиф слитка после воздействия без вакуума с мощностью 240 Дж/импульс, частота 2 Гц; в – шлиф слитка после воздействия без вакуума с мощностью 305 Дж/импульс, частота 2 Гц; г – шлиф слитка после воздействия с мощностью 305 Дж/импульс, частота 2 Гц, плавка с вакуумом 100 торр, воздействие без вакуума.

Для каждого образца размеры кристаллического зерна представлены в таблице.

№ Варианта	Размер слитка, мм	Средний размер зерна в нижней трети слитка	Средний размер зерна в середине слитка	Средний размер зерна в верхней трети слитка
Вариант «а»	95x63	1,075 мм	1,075 мм	1,075 мм
Вариант «б»	80x63	0,938 мм	0,938 мм	0,938 мм
Вариант «в»	85x63	1,285 мм	1,285 мм	1,285 мм
Вариант «г»	83x63	112,875мкм	220мкм	43,9мкм

При изучении микрофотографий олова, было установлено, что в варианте «г» размер зерна уменьшился в 5-25 раз.

Выводы. Для сплавов металлов импульсно-акустическое воздействие приводит к равномерному распределению включений по объему, а для чистых металлов, в частности β – олова, размер зерна уменьшается в 5-25 раз.

Список литературы: 1. В.Б. Юферов, Б.В. Борц, А.Ф. Ванжа, И.В. Буравиллов, Д.В. Винников, Е.В. Муфель, Г.В. Писарев, А.Н. Пономарев О возможности обработки кристаллизующегося металла акустическими импульсами в вакуумно-дуговых печах // Труды XVII международной конференции по физике радиационных явлений и радиационному материаловедению. 4-9 сентября 2006. Алушта, Крым. – С. 299-300. 2. В.Б. Юферов, Б.В. Борц, А.Ф. Ванжа, И.В. Буравиллов, Д.В. Винников, Е.В. Муфель, Г.В. Писарев, А.Н. Пономарев Электроимпульсная установка для обработки расплавов // Вестник НТУ ХПИ. Техника и электрофизика высоких напряжений. – № 20. – 2007. – С. 190-197. 3. В.Б. Юферов, Б.В. Борц, А.Ф. Ванжа, И.В. Буравиллов, Д.В. Винников, Е.В. Муфель, Г.В. Писарев, А.Н. Пономарев, Озеров А.Н. Уменьшение размеров кристаллического зерна в слитках в вакуумно-дуговых печах с импульсным воздействием // Вестник НТУ ХПИ. Техника и электрофизика высоких напряжений. – № 39. – 2009. – С. 32-40. 4. Сладкоштитев В.Г., Малюшевский П.П., Корытов В.А. и др. Разработка и исследование метода интенсификации процессов кристаллизации металлических расплавов и затвердевания слитков с помощью виброимпульсного воздействия // Новое в теории и практике электрогидравлического эффекта. – Киев: Наук. думка, 1983. – С. 96–99. 5. А.А. Чернов Физика кристаллизации // Вестн. АН СССР. – 1984. – 9. – С. 3-11.

Поступила в редколлегию 04.04.2011