

**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ПРИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ**

<sup>1</sup>Луцко В.Ф., <sup>1</sup>Рубаник В.В., <sup>3</sup>A. Nofal, <sup>2</sup>Волочко А.Т., <sup>1</sup>Лабецкий В.С.,  
<sup>1</sup>Савицкий В.О.

<sup>1</sup>ИТА НАН Беларуси, <sup>2</sup>ФТИ НАН Беларуси, <sup>3</sup>CMRDI Cairo, Egypt,  
lutsko\_v@mail.ru

Ультразвуковая обработка металлов является одним из наиболее эффективных способов улучшения их физико-механических и эксплуатационных свойств [1-3]. Вводимые в расплав ультразвуковые колебания интенсифицируют процесс дегазации, способствуют дополнительному перемешиванию, препятствуют возникновению дендритной ликвации и концентрации неметаллических включений на границах зерен, что положительно влияет на формирование однородной структуры металла в процессе кристаллизации. Наряду с этим, мощный ультразвук позволяет в процессе модифицирования вводить в металл различные композитные элементы и тугоплавкие лигатуры, воздействуя непосредственно на кристаллическую решетку [4-6]. Что же касается железо-углеродистых сплавов, то для них практически не изучено влияние на процесс кристаллизации таких параметров ультразвукового воздействия, как время генерации, амплитуды и частоты колебаний.

Для исследования влияния воздействия вышеуказанных параметров на структуру и свойства кристаллизующегося металла в ИТА НАН Беларуси были созданы две установки с вводом ультразвуковых колебаний в верхнюю и нижнюю часть кристаллизующего расплава. Основными узлами разработанного оборудования являются электронный ультразвуковой генератор 1 и акустическая система 2, пневматический пресс 3, литевая оснастка 4 и компрессор 5 (рис. 1а).

Электронный генератор формирует и подает электрические сигналы частотой 20 кГц с регулируемой мощностью от 800 до 1200 Вт на акустическую систему. Генератор имеет микропроцессорное управление, которое контролирует включение/выключение ультразвуковой энергии и поддержание выходной мощности на заданном уровне при любых изменениях внешних условий (температуры, входного напряжения и прочее). В генератор встроены частотомер и ваттметр для измерения в режиме реального времени частоты и мощности сигнала, подаваемого на преобразователь. Реле времени генератора позволяет дозировать подачу ультразвуковой энергии в зону обработки. Управление и настройка режима работы генератора осуществляется через экранное меню.

Акустическая система состоит из соосно установленных и последовательно соединенных пьезоэлектрического преобразователя 6, бустера 7 и волновода-излучателя 8 (рис. 2б). Пьезоэлектрический преобразователь преобразует электрические сигналы от электронного генератора в механические колебания той же частоты. Бустер увеличивает амплитуду колебаний до заданной величины и передает их на излучатель, который через прямой механический контакт его рабочего торца вводит ультразвуковую энергию в зону обработки. Увеличение амплитуды колебаний от 10 до 70 мкм может быть достигнуто за счет изменения по определенному закону размеров и формы поперечного сечения бустера и излучателя. Коэффициент усиления амплитуды колебаний всей акустической системы равен произведению коэффициентов усиления бустера и излучателя.

Пневматический пресс осуществляет подвод акустической системы к литевой оснастке до погружения рабочего торца излучателя в расплав на заданную глубину и отвод системы после ультразвукового воздействия на кристаллизующий образец.

Литевая оснастка предназначена для заливки в нее металлического расплава и воздействию на него в процесс кристаллизации ультразвуковых колебаний с целью получения образцов для исследования их структуры и свойств.

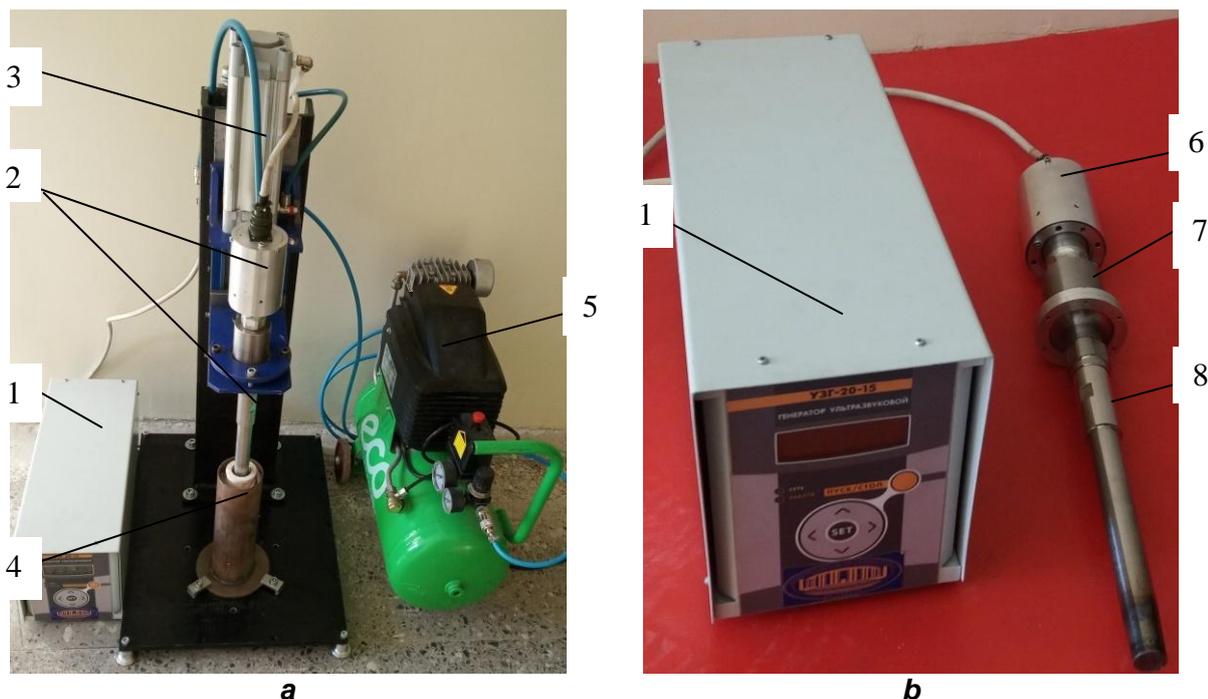


Рисунок 1– Фотография установки для введения ультразвука в верхнюю часть расплава при кристаллизации в кокиле: **a** – общий вид установки, **b**- ультразвуковая колебательная система; 1- электронный генератор, 2 –акустическая система, 3 -пневмопресс, 4- литьевая оснастка, 5 –компрессор, 6- пьезоэлектрический преобразователь, 7 – бустер, 8 – излучатель

Схема введения ультразвуковых колебаний в верхнюю и нижнюю часть кристаллизующего расплава представлены соответственно на рис. 2.

Обработка по схеме ввода ультразвуковых колебаний в верхнюю часть расплава осуществляется следующим образом (рис. 2а). Производят заливку металлического расплава 1 в кокиль 2, расположенного внутри стакана 3, крепящегося к основанию 4. После чего, включают подачу сжатого воздуха от компрессора в верхнюю камеру пневмоцилиндра 5, шток которого вынуждает двигаться вниз закрепленный на стойке 6 механизм перемещения 7. При этом, установленные на механизме перемещения пьезоэлектрический преобразователь 8, бустер 9 и излучатель 10 смещают до момента погружения в расплав рабочего торца последнего на требуемую глубину. До или в момент ввода излучателя в расплав включают ультразвуковые колебания. По окончании заданного времени обработки кристаллизующегося расплава выключают ультразвук, а в нижнюю камеру пневмоцилиндра подают сжатый воздух, который вынуждает шток двигаться вверх. Установка возвращается в исходное состояние. Полученный ультразвуковой обработкой образец извлекают из кокиля для дальнейшего исследования его структуры и свойств.

Аналогичным образом происходит обработка по схеме ввода ультразвуковых колебаний в нижнюю часть расплава (рис.2б). Отличие данной схемы от предыдущей заключается в том, что введение ультразвуковых колебаний в кристаллизующий расплав 1 происходит через отверстие в дне кокиля 2. Рабочий торец излучателя вводится в отверстие в дне кокиля с небольшим зазором порядка 0,4-0,6 мм, При такой схеме введения колебаний весь расплав подвергается обработке, начиная с момента заливки металла в кокиль.

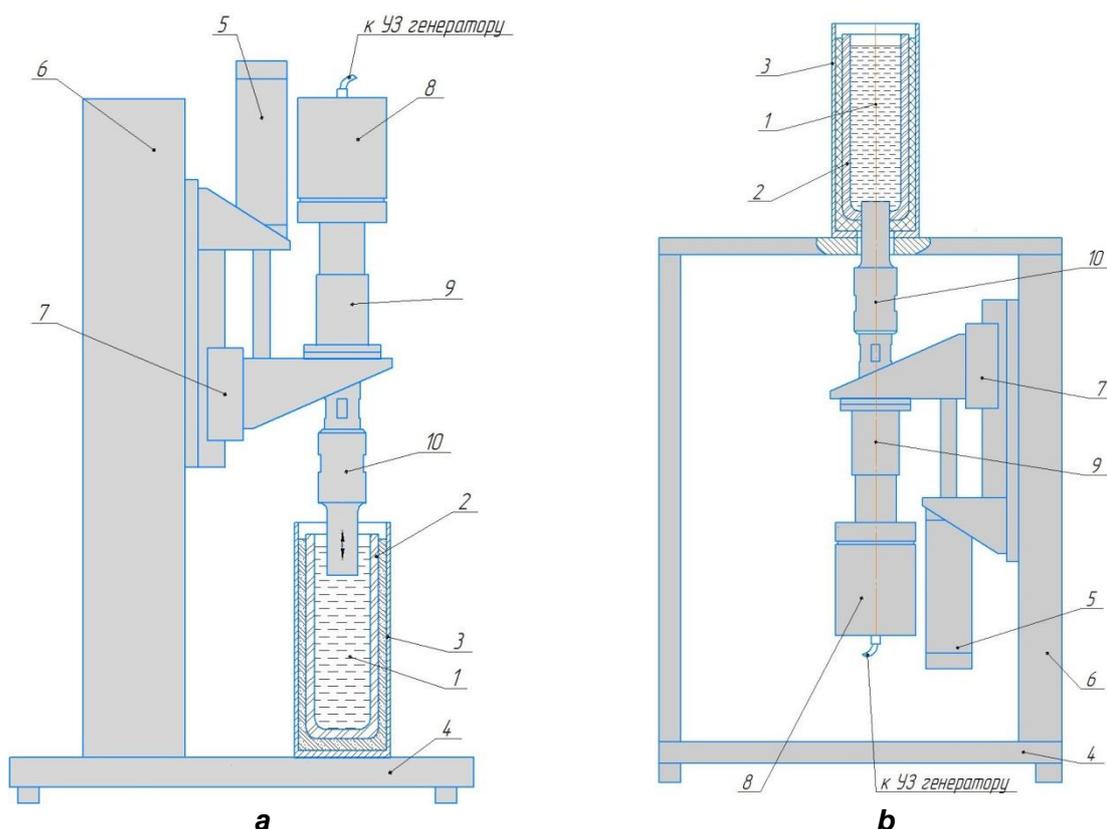


Рисунок 2- Схемы введения ультразвуковых колебаний в кристаллизующий расплав представлены соответственно: **a**- в верхнюю часть расплава; **b**- в нижнюю часть расплава; 1- расплав, 2- кокиль, 3- стакан, 4- основание, 5- пневмоцилиндр, 6 –стойка, 7- механизм перемещения, 8 -пьезоэлектрический преобразователь, 9- бустер, 10- излучатель

Разработанное оборудование позволяет исследовать влияние на структуру и свойства металлов и сплавов при кристаллизации расплава таких параметров ультразвукового воздействия, как времена генерации, амплитуда и частота колебаний.

*Работа выполнена при поддержке БРФФИ (проект № T18MC-054).*

Список использованных источников

1. Абрамов В.О. Мощный ультразвук в металлургии и машиностроении / Абрамов В.О., Абрамов О.В., Артемьев В.В. и др.// М.: Янус-К, 2006. - 688 с.
2. Ефимов В. А. Технологии современной металлургии / Ефимов В. А., Эльдарханов А. С. // М.: Новые технологии, 2004. - 784 с.
3. Воздействие мощного ультразвука на жидкие и твердые металлы / Абрамов О.В. // М.: Наука, 2000.- 312 с.
4. Leighton T.G. The Acoustic Bubble. London: Academic Press,1994.
5. Margulis, M.A. Sonochemistry and Cavitation. London: Gordon&Breach,1996.
6. Ensminger D., Bond L.J. Ultrasonics: Fundamentals, Technologies, and Applications. Boca Raton: CRC Press, 2012