

**В. П. Головаченко, Н. П. Исайчева, В. М. Дука,
А. Г. Вернидуб, Е. А. Сиренко**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЧЕНИЯ РАСПЛАВА В ФОРМЕ НА СТРУКТУРУ СПЛАВА АК7Ч. Сообщение 1

Приведены результаты гидравлического моделирования процесса качания воды с пенополистироловыми инокуляторами в полости U-образной прозрачной силиконовой формы. Процесс физического моделирования регистрировали с помощью фото- и видеосъемок. В условиях эксперимента установлено, что пристеночные слои подвержены винтовой циркуляции жидкости, максимальная скорость перемещения частиц на выправленных участках составляет 8-10 см/с, некоторые частицы циркулируют по замкнутым орбитам влево-вправо. Такой характер движения потоков обеспечивает эффективные массообменные процессы в системе форма-жидкость.

Ключевые слова: гидромоделирование, качание, расплав АК7ч, микро- и макроструктура.

Наведено результати гідравлічного моделювання процесу качання води із пінополістирольними інокуляторами в порожнині U-подібної прозорої силіконової форми. Процес фізичного моделювання реєстрували за допомогою фото- та відеозйомки. В умовах експерименту встановлено, що пристінкові шари схильні до гвинтової циркуляції рідини, максимальна швидкість переміщення частинок на виправлених ділянках становить 8-10 см/с, деякі частинки циркулюють по замкнених орбітах вліво-вправо. Такий характер руху потоків забезпечує ефективні масообмінні процеси в системі форма-рідина.

Ключові слова: гідромоделювання, качання, розплав АК7ч, мікро- та макроструктура.

The results of water modeling hydraulic swing process with polystyrene inoculators in a cavity U-shaped transparent silicone mold were presented. The process of physical modeling was recorded with the help of photos and video filming. It was found: in the experiment conditions wall layers exposed helical circulation of the liquid, the maximum particle movement speed on linear sections was 8-10 cm/s, some particles circulated along closed orbits of the left and right. This pattern of flows provide efficient mass transfer processes in the system form - liquid.

Keywords: hydraulic simulation, swing, melt АК7ч, micro- and macrostructure.

Недостатком существующих методов реолитья с механическим перемешиванием расплава в форме является сложность выбора химически стойкого материала мешалки [1]. Поэтому в данной работе перемешивание осуществляли путем качания. Для визуализации процессов, происходящих при качании расплава в литейной форме, применяли метод физического моделирования с использованием воды в качестве жидкости, моделирующей жидкий алюминий (кинематическая вязкость воды при 20 °С близка к вязкости алюминия при температуре 700 °С). Индикаторами движения воды в форме являлись вспученные полистироловые шарики диаметром 1,0 мм с гидравлической плотностью 1,065 г/см³. Наружный диаметр U-образной прозрачной силиконовой формы составлял 15 мм, а ее толщина – 1 мм. Параметры наложения высокоамплитудных механических колебаний составляли: A = 40 мм, Y = 0,5-2 Гц.

Процесс физического моделирования регистрировался с помощью фото- и видеосъемок (цифровая камера Olympus Camedia C-2040200V). На рис. 1 приведена видеодиаграмма процесса движения моделирующей жидкости в полости формы в процессе качания, обработанная в программе Screenshot при соблюдении мас-

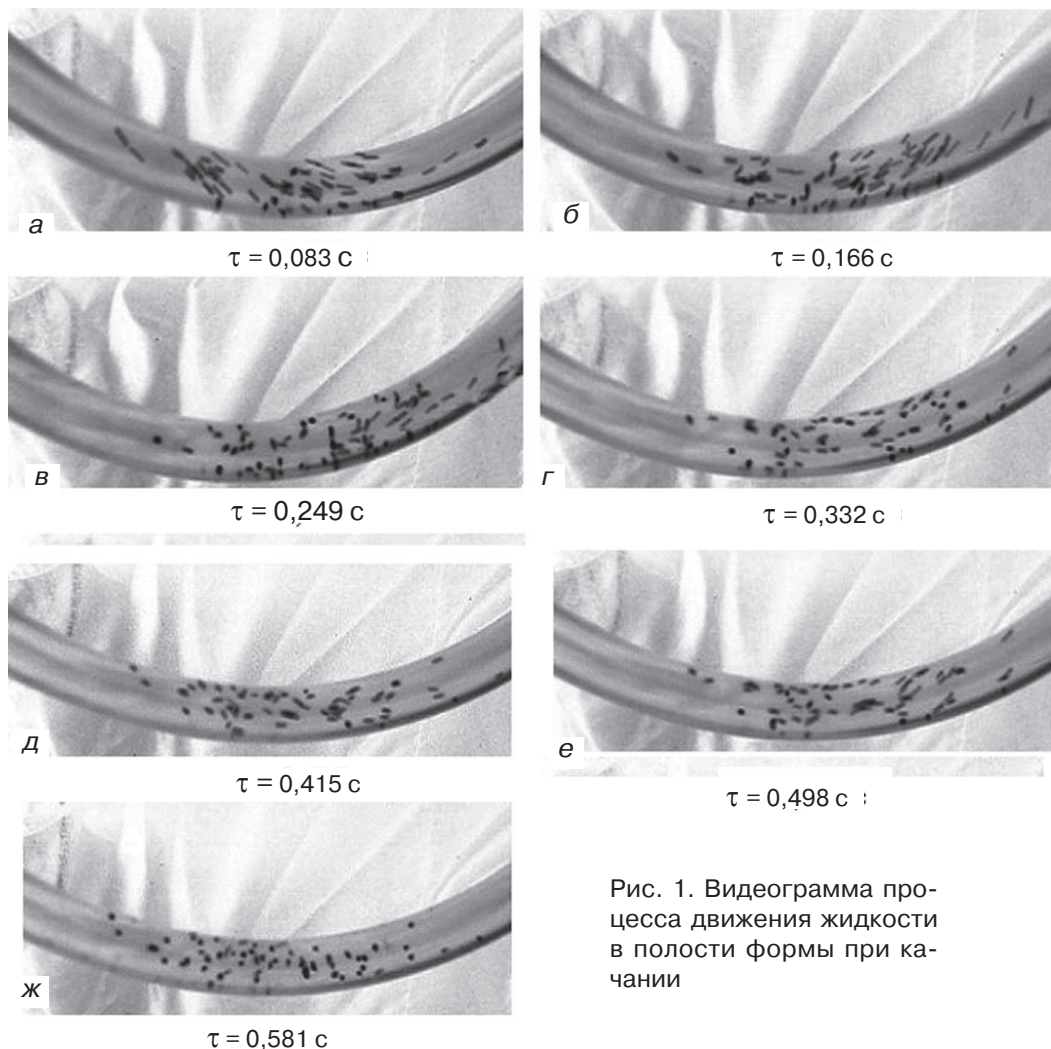


Рис. 1. Видеограмма процесса движения жидкости в полости формы при качании

штаба 1:1,67. Проведенными исследованиями по изучению траектории движения отдельно взятой частицы установлено попеременное изменение направления движения частиц в зависимости от характера качания – вправо- влево (рис. 2). При этом частицы, расположенные в пристеночной зоне изгиба формы (ширина зоны составляет 2-3 мм), имеют наименьшую, практически нулевую, скорость направленного движения и в значительной степени подвержены влиянию винтовой циркуляции жидкости, в то время, как частицы в зоне выпрямленных участков имеют более выраженную направленность со скоростью 8-10 см/с и в меньшей мере подвержены винтовой циркуляции.

При скоростях ниже 8 см/с некоторые одиночные частицы циркулируют влево-вправо по замкнутым орбитам (рис. 3). Таким образом, в процессе качания расплава в форме осуществляется эффективное перемешивание моделирующей

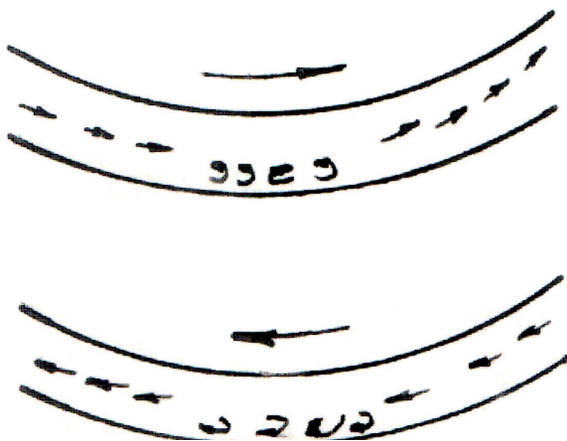


Рис. 2. Схема движения отдельно взятой частицы в процессе качания

жидкости, интенсифицирующее массообменные процессы в системе форма-жидкость.

В процессе отработки технологического процесса изготовления *U*-образных отливок из алюминиевого сплава АК7ч в условиях качания расплава в форме, установлены оптимальные температурные режимы литья:

– температура заливки расплава 700-750 °С;

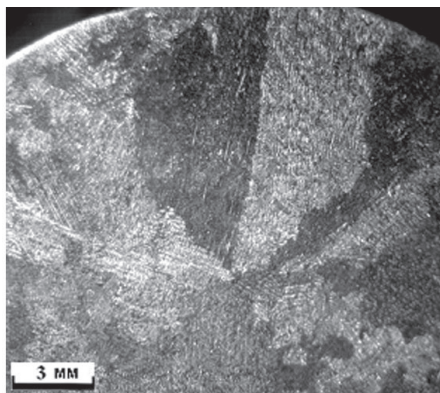
– температура металлической формы 300-350 °С;

– с целью исключения выброса металлической суспензии из тела формирующейся отливки в процессе качания расплава содержание твердой фазы в объеме отливки не должно превышать 10-15 %.

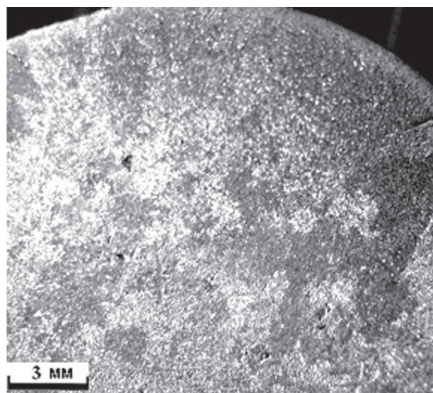
На рис. 4 приведена макроструктура *U*-образных отливок из сплава АК7ч, полученная из исходного и обработанного расплава. Как следует из его анализа, процесс механического качания расплава в форме обеспечивает измельчение макроструктуры в 3-3,5 раза при одновременном изменении процесса кристаллизации α -твердого раствора с дендритного на недендритный (глобулярный). Как показали исследования прогрессивного процесса реолитья алюминиевых сплавов, глобулярная структура существенно (в 3-5 раз) повышает пластические свойства отливок и тем самым повышает их долговечность.



Рис. 3. Схема циркуляции одиночных частиц влево-вправо по замкнутым орбитам при скоростях ниже 8 см/с



а



б

Рис. 4. Макроструктура *U*-образной отливки, полученная из сплава АК7ч в условиях качания расплава в форме ($T_{\text{зал}} = 700$ °С)

В процессе качания выброс металлической суспензии из полости формы приводит к образованию в ней пустот (рис. 5). При содержании 10-15 % твердой фазы в суспензии процесс качания расплава в форме прекращают либо уменьшают амплитуду колебаний до 0,5-1 мм.

Таким образом, новая технология, основанная на качании расплава в литейной форме, может найти применение при изготовлении толстостенных отливок из алюминиевых сплавов без их модифицирования, поскольку за счет увеличения площади контакта расплав-форма образуется множество центров кристаллизации, которые в результате интенсивного тепло-массопереноса замешиваются в объем металла, изменяя процесс кристаллизации на недендритный.

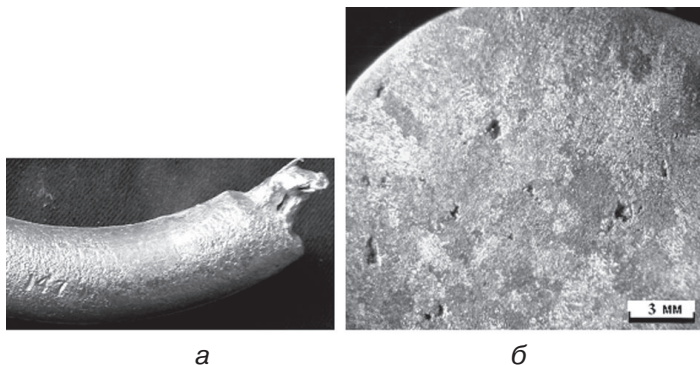


Рис. 5. Выброс металлической суспензии из тела формирующейся U-образной отливки в процессе качания (а) и дефекты макроструктуры (б)



Список литературы

1. Ефимов В. А. Влияние внешних воздействий на процессы формирования отливок // Специальные способы литья: Справочник – М.:Машиностроение, 1991. – С.10-52
2. Головаченко В.П., Дука В.М., Вернидуб А.Г., Исайчева Н.П. Исследование влияния динамической литниково-питающей системы на структуру и свойства толстостенных отливок из алюминиевого сплава АК7ч Сообщение 1 // Процессы литья. – № 2. – 2016. – С.35-41.



References

1. Yefimov V. A. (1991) Vliyaniye vneshnikh vozdeystviy na protsessy formirovaniya otlivok [*The influence of external influences on the formation of castings*]. Spetsialnye sposoby litya: Spravochnik. Moscow: Mashinostroenie, pp. 10-52. [in Russian].
2. Golovachenko V. P., Duka V. M., Vernidub A. G., Isaycheva N. P. (2016) Issledovanie vliyaniya dinamicheskoy litnikovogo-pitayushchey sistemy na strukturu i svoystva tolstostennykh otlivok iz alyuminievogo splava AK7ch. Soobshchenie 1 [*Investigation of the influence of a dynamic sprue-feeding system on the structure and properties of thick-walled castings from an aluminum alloy AK7h. Message 1*]. Protsessy litya, no. 2, pp. 35-41. [in Russian].

Поступила 19.03.2017