ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССА НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ СТАЛЕ-ЧУГУННЫХ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК

Лихошва В.П.*, Шматко А.В.*, Шатрава А.П.*, Тимошенко А.Н.*, Лихошва А.В., Савин В.В.***, Савина Л.А.***, Осадчий А.В.******

* Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины

** Институт электросварки им Е.О. Патона НАН Украины

*** ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им И. Канта»

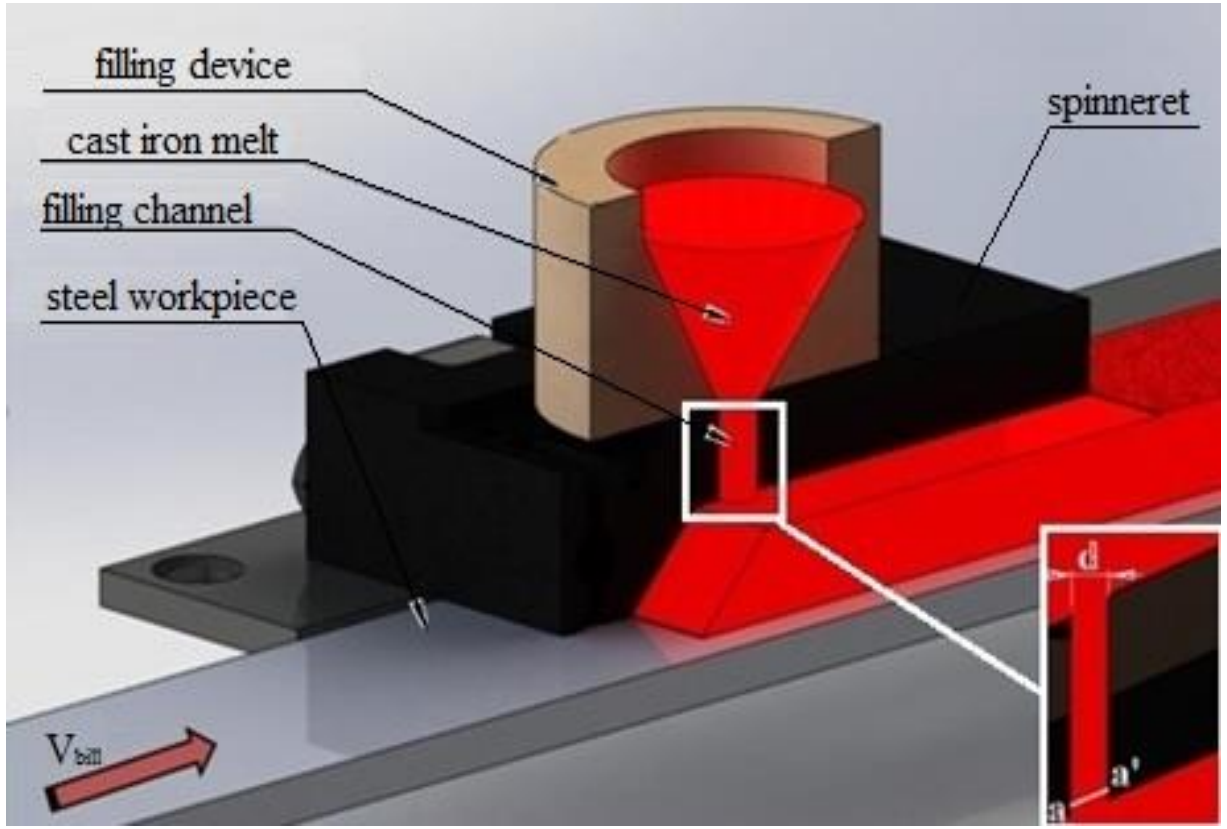
**** Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН

Анализ способов получения биметаллических изделий

1.Литейные технологии
2.Деформационные и литейно-деформационные методы
3.Газопламенная наплавка
4.Лазерная наплавка
5.Электродуговая наплавка
6.Электронно-лучевая наплавка
7.Электрошлаковая наплавка
8.Сварка взрывом.
9. Гибридные методы (литейно-лазерный, литейно-плазменный)

Основными недостатками существующих способов получения биметаллических изделий на основе сталь-чугун являются ограничение их номенклатуры по толщине стального слоя (min 5 мм) и высокая стоимость наплавки.
Наиболее высокими показателями по износостойкости обладают литые белые чугуны с гетерогенной структурой. Эти материалы в большинстве своем достаточно хрупкие, а поэтому непригодны для деформационных методов и наплавочных процессов.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ В ПРОЦЕССЕ ЗАЛИВКИ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОЛОСЫ



Трехмерная геометрическая модель системы «перемещающаяся заготовка – заливочное устройство»

Уравнение непрерывности:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho u) = 0.$$

Уравнение Навье-Стокса:

$$\rho \frac{\partial u}{\partial t} + \rho u \cdot \nabla u = -\nabla p + \nabla \cdot \left(\mu \left(\nabla u + \left(\nabla u^{T} \right) \right) - -\frac{2}{3} \mu (\nabla \cdot u) I \right) + F$$

Уравнение теплопередачи для жидкой фазы:

$$\rho C_p + \rho C_p u \cdot \nabla T = \alpha_p T \left(\frac{dp_a}{dt} + u \cdot \nabla p_a \right) + \frac{\tau}{S} + \nabla \cdot (k \nabla T) + Q$$

Уравнение теплопередачи для твердой фазы:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = -(\nabla \cdot q) - T \frac{\partial E}{\partial t} + Q$$

Тепловой поток через воздушный зазор можно определить из уравнения:

$$q_{air} = (\lambda_{air} \delta)\left(T_{пов} - T_{кр}\right) + \varepsilon \sigma_0 (T_{пов} - T_{кр})$$

ВЗАИМОСВЯЗЬ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ РАСПЛАВА В ЗАЛИВОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ И ФИЛЬЕРЕ СО СКОРОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ ПОДКЛАДКИ

При выходе из заливочного канала в фильеру, расплав приобретает скорость равную скорости движения стальной заготовки, а изменение расхода расплава в заливочном канале равно его изменению в фильере.

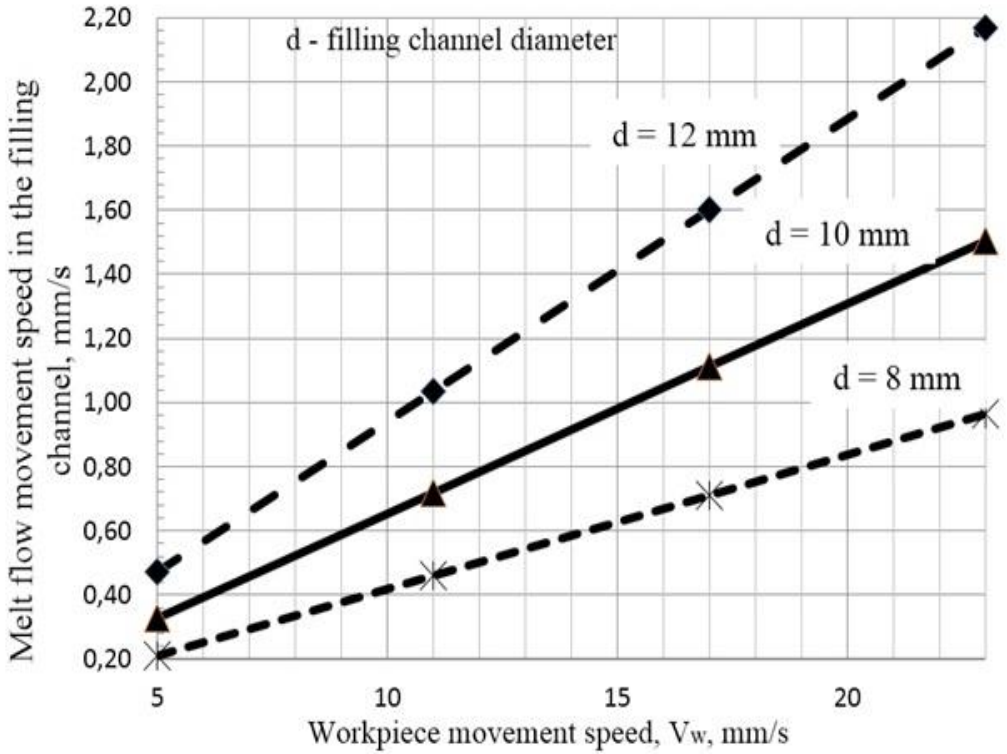
$$\partial V_1/\partial\tau = S_1 * \partial v_1 , \quad \partial V_2/\partial\tau = S_2 * \partial v_2 \qquad (1)$$

$$\partial V_1/\partial\tau = \partial V_2/\partial\tau , \quad S_1 * \partial v_1 = S_2 * \partial v_2 \qquad (2)$$

$$S_1/S_2 = \pi * d^2/4 * b * h = C - \text{const} \qquad (3)$$

$$\partial v_2/\partial v_1 = C, \ \partial v_2 = C * \partial v_1 , \int \partial v_2 = \int C * \partial v_1 , \ v_2 = C * v_1 \qquad (4)$$

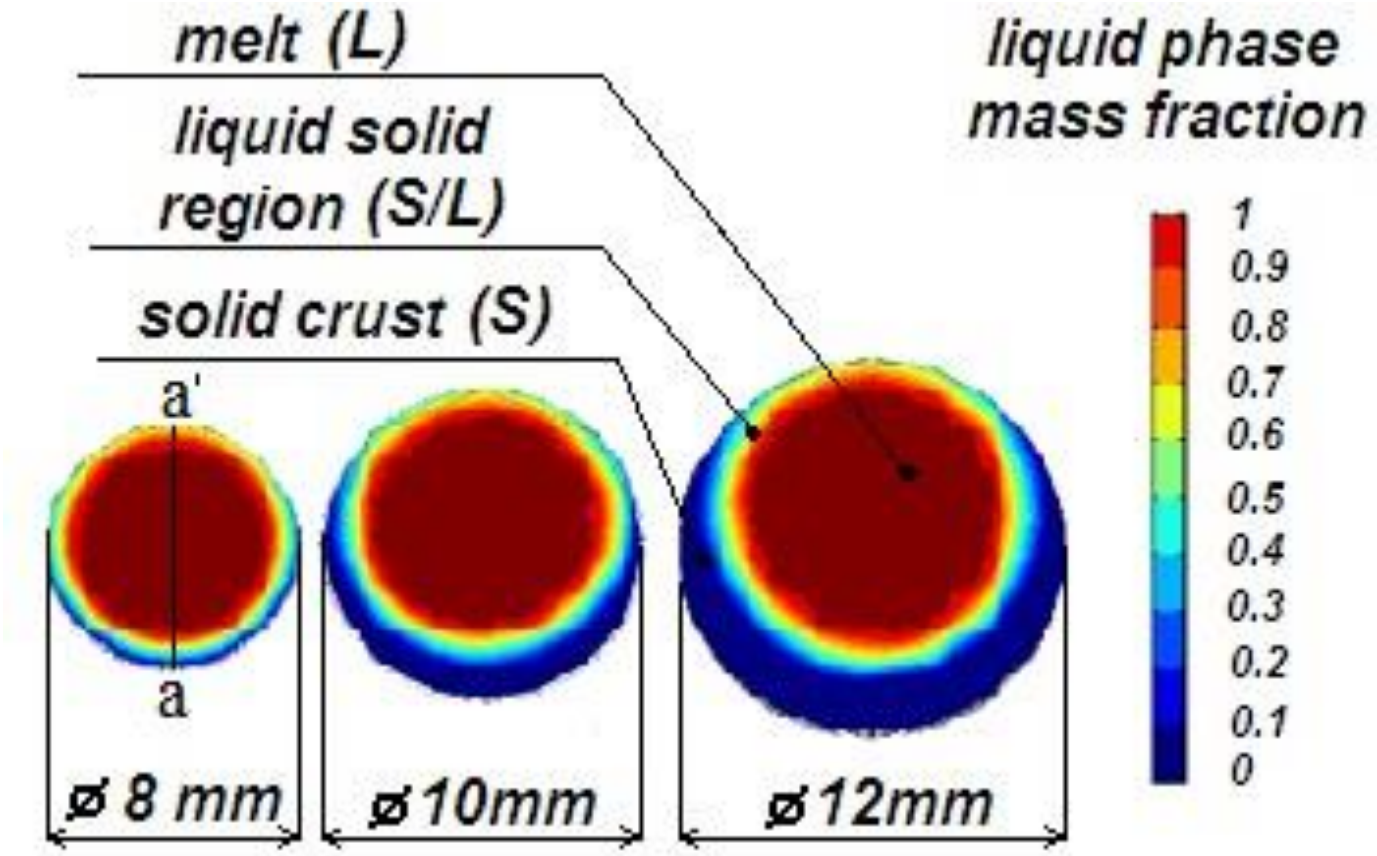
где ∂V_1, ∂V_2 , v_2, v_2 – изменение объема и скорости движения расплава в заливном канале и фильере, τ – время , S_1, S_2 – площади сечения заливного канала и заливаемой области фильеры, d – диаметр сечения заливочного канала, b, h –ширина и высота сечения заливаемой области фильеры.



Изменение скорости течения расплава в заливочном устройстве в зависимости от диаметра заливочного канала и скорости движения заготовки.

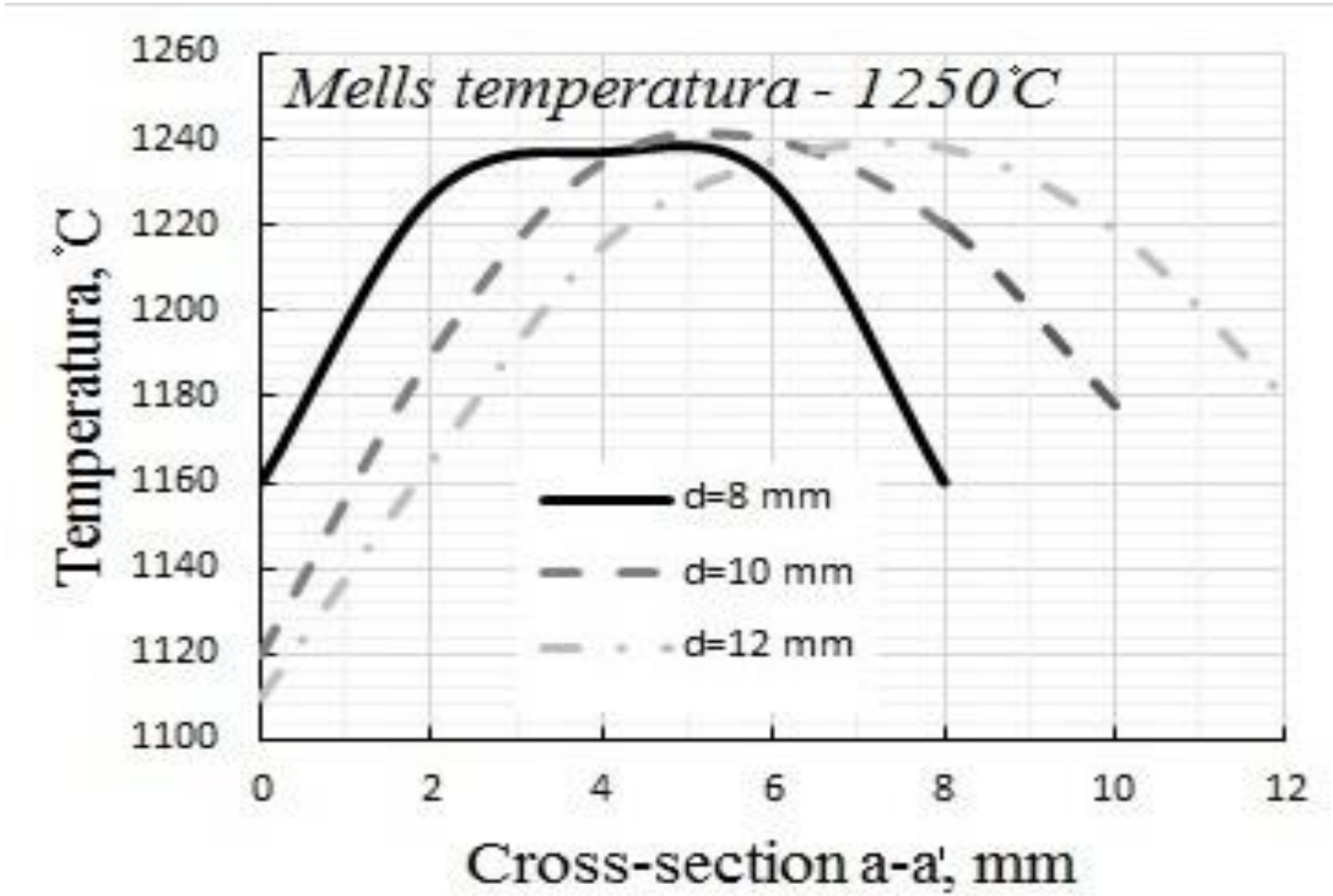
Скорость течения расплава в заливочном устройстве возрастает с увеличением диаметра заливочного канала и скорости движения заготовки.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОЙ И ЖИДКОЙ ФАЗЫ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ЗАЛИВОЧНОГО КАНАЛА

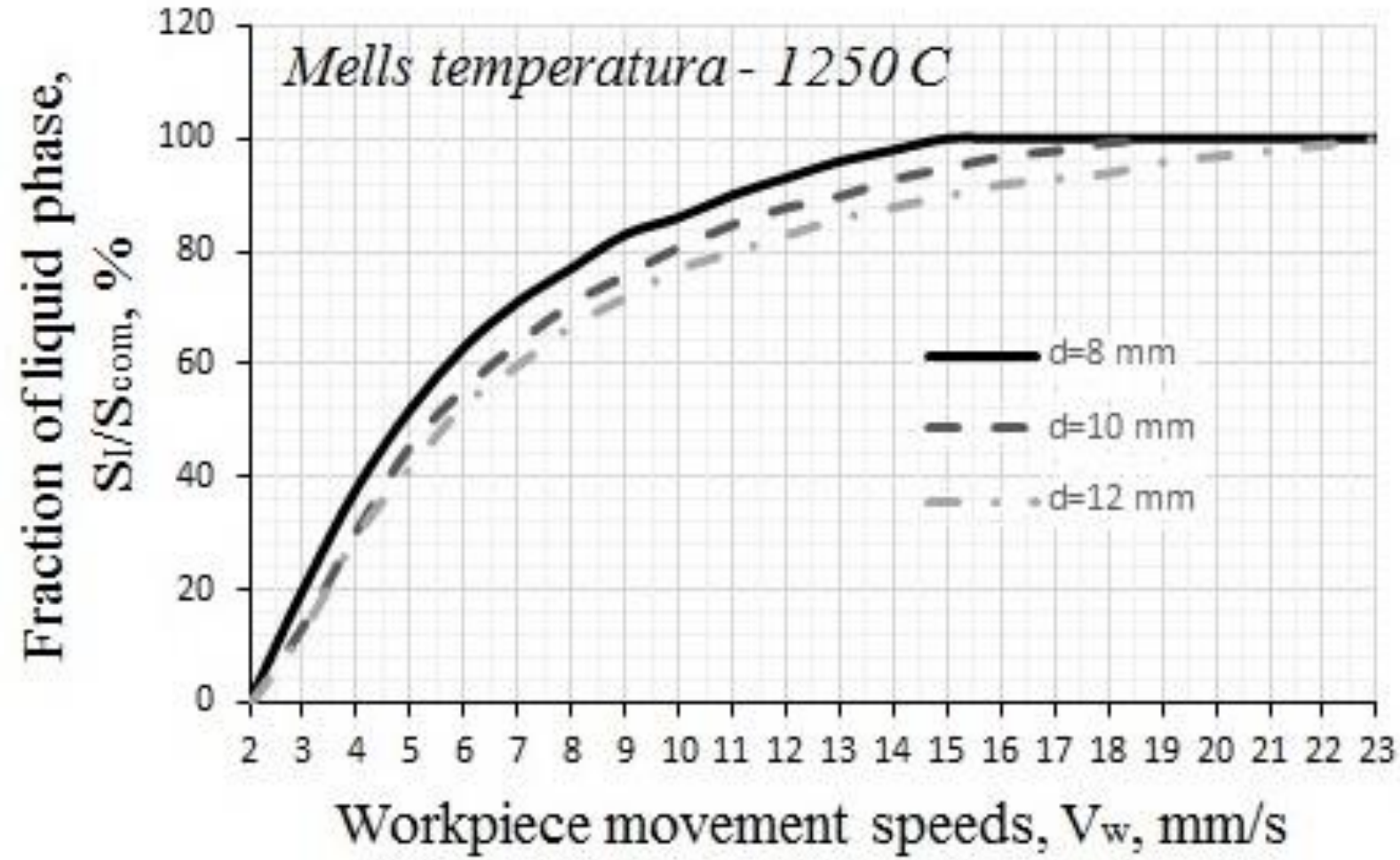


Распределение твердой и жидкой фазы по сечению *a*-*a*' заливочного канала при температуре заливаемого металла 1250° С и скорости перемещения заготовки 5 мм/с.

СОДЕРЖАНИЕ ЖИДКОЙ ФАЗЫ В ПРОХОДНОМ СЕЧЕНИИ ЗАЛИВОЧНОГО КАНАЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ДИАМЕТРА И СКОРОСТИ ПОДАЧИ ЗАГОТОВКИ



СОДЕРЖАНИЕ ЖИДКОЙ ФАЗЫ В ПРОХОДНОМ СЕЧЕНИИ ЗАЛИВОЧНОГО КАНАЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ДИАМЕТРА И СКОРОСТИ ПОДАЧИ ЗАГОТОВКИ



ВЫВОДЫ

- в выбранных технологических условиях (температура заливки – 1250^0C, температура подложки – 800^0C) изменяемые в исследованиях параметры являются значимыми и в целом определяют гидродинамическое и тепловое состояние изучаемой технологической системы и характер изменений в ней;

- в процессе непрерывного получения биметаллической полосы при заливке жидкого чугуна на стальную заготовку не рекомендуется использовать большие диаметры заливочного отверстия;

- расширение области приемлемых значений функционирования системы в сторону более низких скоростей движения заготовки возможно за счет повышения теплосодержания системы.