

## АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ В УСЛОВИЯХ ЕЁ ПЕРИФЕРИЙНОГО ВРАЩЕНИЯ ВОКРУГ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСИ

Е.В. Широков, В.В. Черканов, И.А. Кононов, Н.Р. Яманов

*В данной статье рассматриваются особенности принудительного заполнения литейной формы в условиях её периферийного вращения вокруг вертикальной оси для получения сложнопрофильных отливок. Проведен анализ результатов экспериментального исследования предлагаемого способа изготовления отливок и специфических особенностей заполнения рабочей полости формы под воздействием силового центробежного поля.*

*Ключевые слова: литейное производство, литье с принудительным заполнением форм, литье в условиях периферийного вращения формы, получение мелких и средних сложнопрофильных художественных отливок*

Одним из направлений использования принудительного характера заполнения литейной формы является применение центробежного способа литья, который позволяет интенсифицировать процесс заполнения и формирования отливок. Такая разновидность способа классифицируется как литье при центрифугировании и используется, как правило, для получения фасонных отливок из различных сплавов.

Исследование особенностей процесса литья при центрифугировании проводилось на специализированной центробежной установке (рисунок 1) сконструированной и изготовленной авторами для получения художественных отливок.

При формировании заполнения в этих условиях необходимо обеспечить заливку жидкого металла в форму, вращающуюся с заданной скоростью и определить расположение этой формы на оптимальном расстоянии от оси вращения. Для этого в конструкции установки на валу (1) двигателя смонтирована траверса (2) с расположенными на ней монтажными стойками (3). Стойки образуют три рабочие зоны, в которых располагаются заливочное устройство (4), контейнер (5) с литейной формой (6) и система противовесов (7).

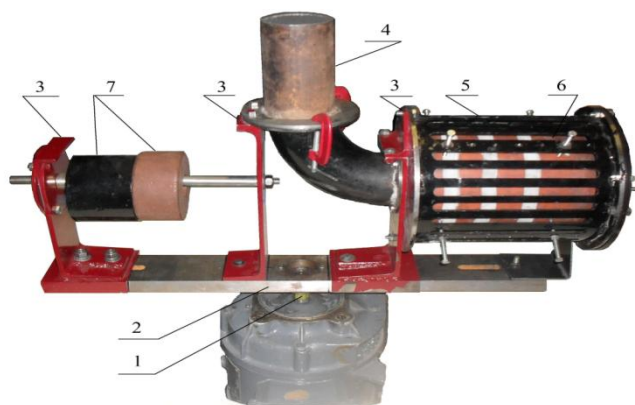


Рисунок 1 - Узел периферийного вращения формы вокруг вертикальной оси

В процессе заполнения формы поток расплавленного металла поступает вдоль оси вращения во вращающееся заливочное устройство, в котором меняет направление своего течения с вертикального на горизонтальное. При этом расплав ускоряется, нака-

пливается в прибыльной части и заполняет рабочую полость формы.

Работа установки в этих условиях показала, что основная идея использования силового центробежного поля для формирования принудительного характера заполнения литейной формы может быть реализована в

полном объеме. Однако заполнение характеризуется рядом особенностей, которыми нельзя пренебречь, разрабатывая технологический процесс получения конкретной отливки. Проявление этих особенностей предопределены сложнопрофильностью и разностенностью художественных отливок, а также спецификой течения жидкого металла в силовом центробежном поле.

Решение вопроса о степени влияния особенностей литья на качество заполнения

предполагалось найти в рамках определения необходимой скорости вращения, определения расположения литейной формы по отношению к оси вращения установки и определения расположения рабочей полости внутри формы.

Для этого изготавливались два типа экспериментальных литейных форм, одни из которых имели горизонтальные контрольные каналы, а другие – вертикальные контрольные каналы (рисунок 2).

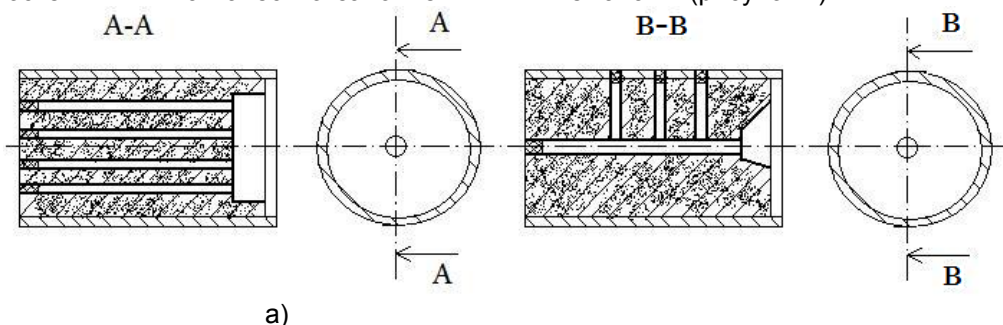


Рисунок 2 - Литейные формы с горизонтальным а) и вертикальным б) расположением контрольных каналов

Исследования по заполнению форм с горизонтальными контрольными каналами (таблица 1) показали, что степень заполнения рабочей полости в радиальном направлении от оси вращения зависит от величины угловой скорости вращения и геометрических параметров контрольных каналов.

Зависимость степени заполнения от угловой скорости имеет прямопропорциональный характер (рисунок 3), что в пределах рабочих параметров, используемых в эксперименте достаточно полно соответствует увеличивающейся центробежной силе. При этом уменьшающееся поперечное сечение контрольного канала резко снижает поступление расплава в контрольный канал,

что объясняется увеличением гидросопротивления и снижением жидкотекучести. Однако увеличение угловой скорости вращения установки позволяет решить вопрос полного заполнения всех контрольных каналов. Кроме того, проведенные дополнительные эксперименты показали, что вопрос заполнения каналов с минимальным входным отверстием в некоторых случаях можно решить за счет эффекта проскальзывания с затеканием жидкого металла в эти каналы в первую очередь. Следовательно, правильное формирование рабочей полости сложнопрофильной конфигурации внутри литейной формы имеет важное значение.

Таблица 1- Экспериментальные данные заполнения контрольных горизонтальных каналов формы в условиях ее периферийного вращения вокруг вертикальной оси

Угловая скорость Диа - вращения метр кон - трольных каналов	Угловая скорость				
	$\omega=0,0\text{с}^{-1}$	$\omega=3,5\text{с}^{-1}$	$\omega=4,5\text{с}^{-1}$	$\omega=5,5\text{с}^{-1}$	$\omega=6,5\text{с}^{-1}$
d=0,3 см	L=2,8 см	L=4,9 см	L=11,7 см	L=15,4см	L=18,2 см
d=0,4 см	L=4,2 см	L=12,6 см	L=17,9 см	L=19,8 см	L=20 см
d=0,5 см	L=7,5 см	L=20 см	L=20 см	L=20см	L=20 см
d=0,6 см	L=8,8 см	L=20 см	L=20 см	L=20 см	L=20 см

Примечание: 1) Сплав АК 12;

2) Температура заливки  $t_{зал}= 700\text{С}^{\circ}$ ;

3) Конечная длина канала 20 см.

# АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ В УСЛОВИЯХ ЕЕ ПЕРИФЕРИЙНОГО ВРАЩЕНИЯ ВОКРУГ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСИ

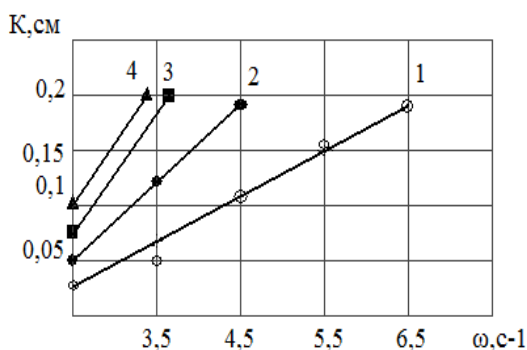
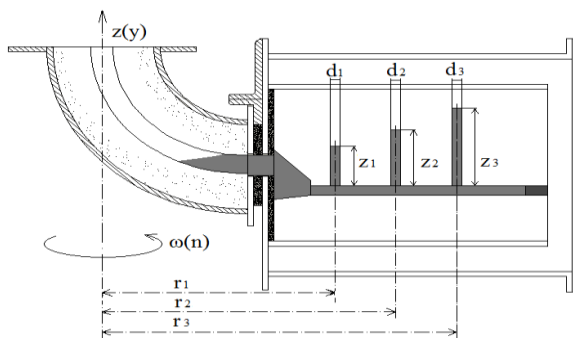


Рисунок 3- Зависимость степени заполнения контрольных горизонтальных каналов "I" от скорости вращения "ω" и диаметра канала "d" (1- d<sub>канала</sub> = 0,3 см; 2- d<sub>канала</sub> = 0,4 см; 3- d<sub>канала</sub> = 0,5 см; 4- d<sub>канала</sub> = 0,6 см)

Исследования по заполнению форм с вертикальными контрольными каналами (таблица 2) позволили установить, что степень заполнения рабочей полости в соответствующем направлении зависит от ве-

личины угловой скорости, геометрических параметров вертикальных контрольных каналов, а так же от расстояния между вертикальным каналом и осью вращения установки.

Таблица 2- Экспериментальные данные заполнения вертикальных контрольных каналов формы в условиях ее периферийного вращения вокруг вертикальной оси



ω = 4,0 с <sup>-1</sup> (n = 40 об/мин)			ω = 5,5 с <sup>-1</sup> (n = 55 об/мин)			ω = 6,5 с <sup>-1</sup> (n = 65 об/мин)		
d <sub>1</sub> =0,4см	d <sub>2</sub> =0,6см	d <sub>3</sub> =0,8см	d <sub>1</sub> =0,4см	d <sub>2</sub> =0,6см	d <sub>3</sub> =0,8см	d <sub>1</sub> =0,4см	d <sub>2</sub> =0,6см	d <sub>3</sub> =0,8см
z <sub>1</sub> =1,23	z <sub>1</sub> =1,62	z <sub>1</sub> =3,55	z <sub>1</sub> =2,15	z <sub>1</sub> =2,85	z <sub>1</sub> =4,15	z <sub>1</sub> =1,1	z <sub>1</sub> =1,55	z <sub>1</sub> =2,8
z <sub>2</sub> =18,75 см	z <sub>2</sub> =18,75 см	z <sub>2</sub> =18,75 см	z <sub>2</sub> =18,75 см	z <sub>2</sub> =23,75 см	z <sub>2</sub> =18,75 см	z <sub>2</sub> =18,75 см	z <sub>2</sub> =23,75 см	z <sub>2</sub> =28,75 см
z <sub>3</sub> =5,17	z <sub>3</sub> =5,17	z <sub>3</sub> =1,64	z <sub>3</sub> =6,83	z <sub>3</sub> =6,6	z <sub>3</sub> =1,8	z <sub>3</sub> =5,1	z <sub>3</sub> =7,8	z <sub>3</sub> =5,0
z <sub>1</sub> =3,9 см	z <sub>1</sub> =5,5 см	z <sub>1</sub> =1,6 см	z <sub>1</sub> =1,6 см	z <sub>1</sub> =1,6 см	z <sub>1</sub> =1,6 см	z <sub>1</sub> =1,2 см	z <sub>1</sub> =1,2 см	z <sub>1</sub> =1,2 см
z <sub>2</sub> =23,75 см	z <sub>2</sub> =23,75 см	z <sub>2</sub> =23,75 см	z <sub>2</sub> =23,75 см	z <sub>2</sub> =23,75 см	z <sub>2</sub> =23,75 см	z <sub>2</sub> =23,75 см	z <sub>2</sub> =23,75 см	z <sub>2</sub> =23,75 см
z <sub>3</sub> =28,75 см	z <sub>3</sub> =28,75 см	z <sub>3</sub> =28,75 см	z <sub>3</sub> =28,75 см	z <sub>3</sub> =28,75 см	z <sub>3</sub> =28,75 см	z <sub>3</sub> =28,75 см	z <sub>3</sub> =28,75 см	z <sub>3</sub> =28,75 см
Значения уровня металла в контрольных каналах рассчитанные по формуле								
$y = 0,0555 \cdot (n \cdot 100)^{0,2} \cdot r$ , [1] (для сравнения с z)								
y <sub>1</sub> =3,12 см	y <sub>1</sub> =5,0 см	y <sub>1</sub> =7,3 см	y <sub>1</sub> =9,47 см	y <sub>1</sub> =13,88 см	y <sub>1</sub> =5,9 см	y <sub>1</sub> =8,3 см	y <sub>1</sub> =13,13 см	y <sub>1</sub> =19,27 см
y <sub>2</sub> =18,75 см	y <sub>2</sub> =18,75 см	y <sub>2</sub> =18,75 см	y <sub>2</sub> =18,75 см	y <sub>2</sub> =23,75 см	y <sub>2</sub> =18,75 см	y <sub>2</sub> =18,75 см	y <sub>2</sub> =23,75 см	y <sub>2</sub> =28,75 см
y <sub>3</sub> =5,17 см	y <sub>3</sub> =5,17 см	y <sub>3</sub> =1,64 см	y <sub>3</sub> =6,83 см	y <sub>3</sub> =6,6 см	y <sub>3</sub> =1,8 см	y <sub>3</sub> =5,1 см	y <sub>3</sub> =7,8 см	y <sub>3</sub> =5,0 см
y <sub>1</sub> =3,12 см	y <sub>1</sub> =5,0 см	y <sub>1</sub> =7,3 см	y <sub>1</sub> =9,47 см	y <sub>1</sub> =13,88 см	y <sub>1</sub> =5,9 см	y <sub>1</sub> =8,3 см	y <sub>1</sub> =13,13 см	y <sub>1</sub> =19,27 см
y <sub>2</sub> =18,75 см	y <sub>2</sub> =18,75 см	y <sub>2</sub> =18,75 см	y <sub>2</sub> =18,75 см	y <sub>2</sub> =23,75 см	y <sub>2</sub> =18,75 см	y <sub>2</sub> =18,75 см	y <sub>2</sub> =23,75 см	y <sub>2</sub> =28,75 см
y <sub>3</sub> =5,17 см	y <sub>3</sub> =5,17 см	y <sub>3</sub> =1,64 см	y <sub>3</sub> =6,83 см	y <sub>3</sub> =6,6 см	y <sub>3</sub> =1,8 см	y <sub>3</sub> =5,1 см	y <sub>3</sub> =7,8 см	y <sub>3</sub> =5,0 см

Примечание: 1)  $d_1, d_2, d_3$ - диаметр соответствующего контрольного канала;

2)  $r_1, r_2, r_3$ - расстояние от оси вращения до соответствующего контрольного канала;

3)  $z_1, z_2, z_3$ - степень заполнения соответствующего контрольного канала по его высоте;

4) Полная высота контрольного канала 7,8 см;

5) Температура заливки АК 12- 700 °С.

Графическая интерпретация этих зависимостей (рисунок 4, рисунок 5) показывает, что увеличение угловой скорости вращения, диаметра контрольного канала и расстояния от контрольного канала до оси вращения приводит к увеличению уровня заполнения.

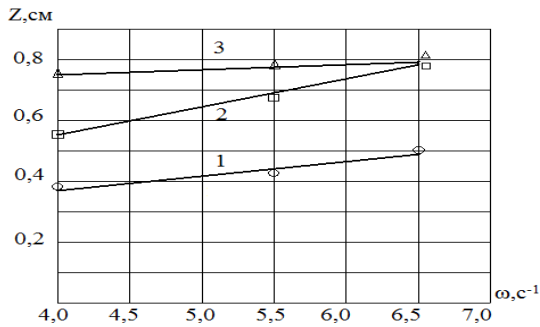


Рисунок 4 - Зависимость степени заполнения "Z" контрольных вертикальных каналов от угловой скорости вращения " $\omega$ " и диаметра канала "d" на расстоянии 23,75 см от оси вращения (1- $d_{\text{канала}} = 0,4 \text{ см}$ ; 2-  $d_{\text{канала}} = 0,6 \text{ см}$ ; 3-  $d_{\text{канала}} = 0,8 \text{ см}$ )

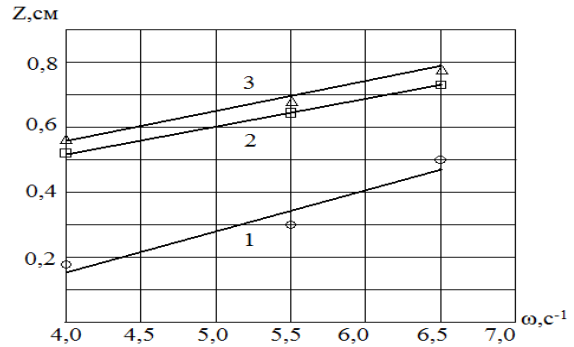


Рисунок 5 - Зависимость степени заполнения "Z" контрольного вертикального канала  $d = 0,8 \text{ см}$  от угловой скорости вращения " $\omega$ " и расстояния этого канала до оси вращения "r" (1-  $r_1 = 18,75 \text{ см}$ ; 2-  $r_2 = 23,75 \text{ см}$ ; 3-  $r_3 = 28,75 \text{ см}$ )

Кроме этого, картина заполнения вертикальных каналов показывает наличие зоны, заполнение которой запрещается образованием, так называемой, свободной поверхности жидкого металла в виде параболоида при вращении вокруг вертикальной оси. Формирование этой "запретной" зоны происходит в верхней части литейной формы в непосредственной близости от оси вращения (рисунок 6).

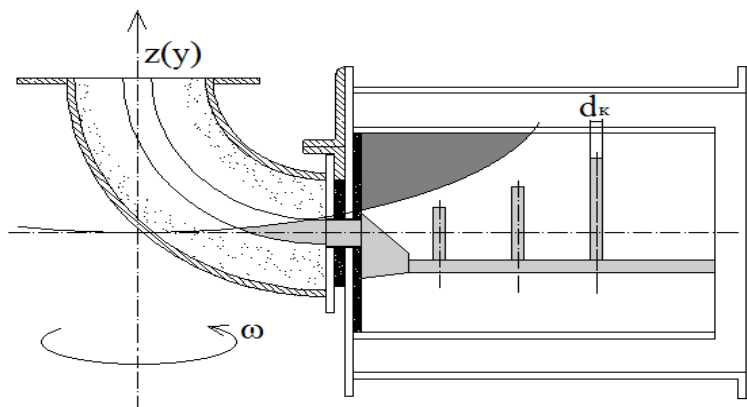


Рисунок 6 - Образование "запретной" зоны ( $d_{\text{канала}} = 0,8 \text{ см}$ ;  $\omega = 5,5 \text{ с}^{-1}$ )

## АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ В УСЛОВИЯХ ЕЕ ПЕРИФЕРИЙНОГО ВРАЩЕНИЯ ВОКРУГ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ОСИ

Анализируя влияние технологических параметров на заполнение рабочей полости формы в условиях ее периферийного вращения вокруг вертикальной оси можно отметить, что основными вопросами, которые необходимо решить при разработке процесса получения сложной отливки являются:

- определение рационального расположения литейной формы относительно оси вращения установки;
- определение рационального расположения рабочей полости внутри литейной формы;
- определение оптимальной величины угловой скорости вращения установки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юдин С.Б. Центробежное литье/ С.Б. Юдин, М.М. Левин, С.Е. Розенфельд.- М.: Машиностроение, 1972.-280с.

**Широков Е. В.**, к.т.н., доцент, кафедра МТиО, телефон 29-09-63;

**Черканов В. В.**, к.т.н., доцент, кафедра ПрМ;

**Кононов И. А.**, студент 5 курса, кафедра МТиО;

**Яманов Н.Р.**, студент 5 курса, кафедра МТиО.

ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»