

УДК 621.474.53

Гуньо І. І., Порохня С. В., Ковальчук А. В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПУСТОТЕЛЫХ СТЕРЖНЕЙ

В настоящее время наиболее актуальной проблемой при изготовлении стержней является высокая стоимость холоднотвердеющих смесей (наиболее популярных в индивидуальном производстве) [1, 2, 3]. Поэтому существует необходимость изготавливать стержни пустотелыми (особенно для крупногабаритных отливок), что позволит уменьшить массу стержней и, соответственно, затраты на их изготовление.

Однако, пустотелые стержни имеют меньшую прочность, следовательно и высокую возможность разрушения пустотелых стержней во время заливки. Вследствие этого возникает потребность в исследовании влияния давления металла при заливке на прочность пустотелых стержней.

Цель работы – определение для различных конфигураций стержней оптимального диаметра полости стержня в зависимости от давления металла при заливке.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1) определить оптимальный диаметр полости стержня в зависимости от массы заливаемого металла и возникающего от этого давления;

2) исследовать влияние формы стержня на диаметр полости.

В данных исследованиях стержни будут изготавливаться из холоднотвердеющей смеси (ХТС). Типовые составы смесей и их свойства хорошо известны. Для дальнейших исследований будем использовать смесь, которая обладает наибольшей прочностью после затвердевания, чтобы получить наиболее высокую прочность стержней.

Для того чтобы стержень не разрушился под давлением металла при заливке необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$\sigma_p \leq [\sigma], \quad (1)$$

где σ_p – расчётный предел прочности; $[\sigma]$ – допустимый предел прочности.

Расчётный предел прочности находим по формуле:

$$\sigma_p = \frac{m \cdot g \frac{\lambda_{жс}}{\lambda_{см}}}{S - \frac{\pi \cdot d^2}{4}}, \quad (2)$$

где m – масса жидкого металла; g – ускорение свободного падения; $\lambda_{жс}$ – плотность жидкого металла; $\lambda_{см}$ – плотность смеси; S – площадь сечения стержня; d – диаметр полости стержня.

Допустимый предел прочности для данной смеси составляет 5,1 МПа [2]:

$$\sigma_p = \frac{m \cdot 9,8 \frac{7800}{1700}}{S - \frac{3,14 \cdot d^2}{4}}. \quad (2)$$

Из полученной зависимости видим, что с увеличением массы жидкого металла разница между площадью сечения стержня и диаметром полости увеличивается. Поэтому с увеличением давления, возникающего от массы жидкого металла, диаметр полости стержня будет уменьшаться.

Для определения оптимального диаметра полости в стержне воспользуемся программой Excel. Вводим в программу формулу (2) и при различных значениях давления изменяем диаметр полости в стержне. Результаты приведены на рис. 1. На этом рисунке синим цветом

показаны различные значения давлений и изменяемые значения диаметра полости в стержне. На пересечении показаны значения напряжений, которые возникают в стержне. Красным цветом показаны значения, в которых напряжения превышают максимально допустимые.

$\frac{d}{P}$	360	340	320	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100
40000	4,000	3,810	3,636	3,478	3,333	3,200	3,077	2,963	2,857	2,759	2,667	2,581	2,500	2,424
42000	4,200	4,000	3,818	3,652	3,500	3,360	3,231	3,111	3,000	2,897	2,800	2,710	2,625	2,545
44000	4,400	4,190	4,000	3,826	3,667	3,520	3,385	3,259	3,143	3,034	2,933	2,839	2,750	2,667
46000	4,600	4,381	4,182	4,000	3,833	3,680	3,538	3,407	3,286	3,172	3,067	2,968	2,875	2,788
48000	4,800	4,571	4,364	4,174	4,000	3,840	3,692	3,556	3,429	3,310	3,200	3,097	3,000	2,909
50000	5,000	4,762	4,545	4,348	4,167	4,000	3,846	3,704	3,571	3,448	3,333	3,226	3,125	3,030
52000	5,200	4,952	4,727	4,522	4,333	4,160	4,000	3,852	3,714	3,586	3,467	3,355	3,250	3,152
54000	5,400	5,143	4,909	4,696	4,500	4,320	4,154	4,000	3,857	3,724	3,600	3,484	3,375	3,273
56000	5,600	5,333	5,091	4,870	4,667	4,480	4,308	4,148	4,000	3,862	3,733	3,613	3,500	3,394
58000	5,800	5,524	5,273	5,043	4,833	4,640	4,462	4,296	4,143	4,000	3,867	3,742	3,625	3,515
60000	6,000	5,714	5,455	5,217	5,000	4,800	4,615	4,444	4,286	4,138	4,000	3,871	3,750	3,636
62000	6,200	5,905	5,636	5,391	5,167	4,960	4,769	4,593	4,429	4,276	4,133	4,000	3,875	3,758
64000	6,400	6,095	5,818	5,565	5,333	5,120	4,923	4,741	4,571	4,414	4,267	4,129	4,000	3,879
66000	6,600	6,286	6,000	5,739	5,500	5,280	5,077	4,889	4,714	4,552	4,400	4,258	4,125	4,000
68000	6,800	6,476	6,182	5,913	5,667	5,440	5,231	5,037	4,857	4,690	4,533	4,387	4,250	4,121
70000	7,000	6,667	6,364	6,087	5,833	5,600	5,385	5,185	5,000	4,828	4,667	4,516	4,375	4,242
72000	7,200	6,857	6,545	6,261	6,000	5,760	5,538	5,333	5,143	4,966	4,800	4,645	4,500	4,364
74000	7,400	7,048	6,727	6,435	6,167	5,920	5,692	5,481	5,286	5,103	4,933	4,774	4,625	4,485
76000	7,600	7,238	6,909	6,609	6,333	6,080	5,846	5,630	5,429	5,241	5,067	4,903	4,750	4,606
78000	7,800	7,429	7,091	6,783	6,500	6,240	6,000	5,778	5,571	5,379	5,200	5,032	4,875	4,727
80000	8,000	7,619	7,273	6,957	6,667	6,400	6,154	5,926	5,714	5,517	5,333	5,161	5,000	4,848
82000	8,200	7,810	7,455	7,130	6,833	6,560	6,308	6,074	5,857	5,655	5,467	5,290	5,125	4,970
84000	8,400	8,000	7,636	7,304	7,000	6,720	6,462	6,222	6,000	5,793	5,600	5,419	5,250	5,091
86000	8,600	8,190	7,818	7,478	7,167	6,880	6,615	6,370	6,143	5,931	5,733	5,548	5,375	5,212

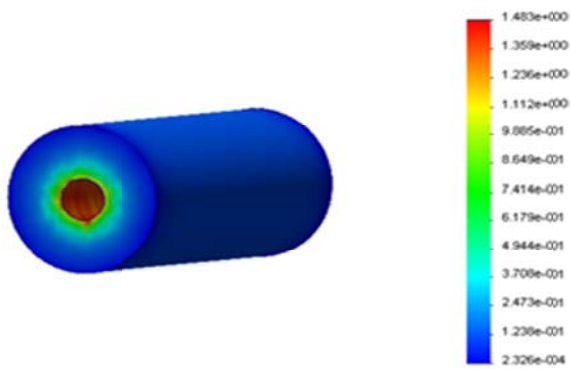
Рис. 1. Определение оптимального диаметра полости для стержня круглого сечения (программа Excel)

Для проверки теоретических данных воспользуемся программой Solid Works. Для этого необходимо ввести материал, из которого изготовлен стержень, и указать в каких местах металл будет оказывать давление на стержень. Затем задаётся величина давления. Для данного стержня давление составляет 60 кН.

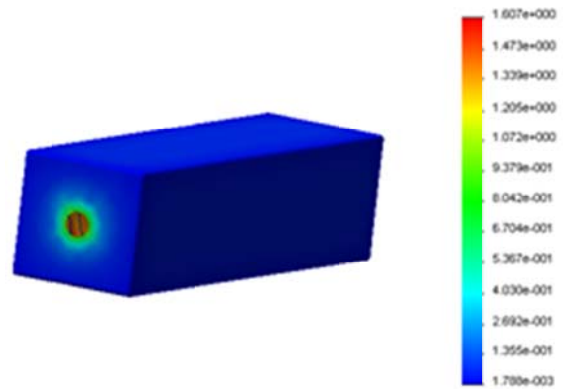
Проверим распределение напряжений при диаметрах полости 240, 260, 270, 280 мм. Результаты исследования представлены на рис. 2. Из рис. 2, а видим, что для стержней круглого сечения при диаметре отверстия 240 мм напряжения невелики, поэтому диаметр полости можно увеличить. С увеличением диаметра отверстия в стержне, напряжения в нем возрастают. При диаметре полости 280 мм напряжения практически достигают значения максимально допустимых. Дальнейшее увеличение диаметра полости ведет к возникновению напряжений, приводящих к разрушению стержня.

Аналогичную картину наблюдаем и в стержне квадратного сечения (рис. 2, б). При диаметре отверстия в стержне 200 мм напряжения невелики, поэтому диаметр полости можно увеличить. Использование отверстия в стержне диаметром 220 мм ведет к возникновению больших напряжений, чем в первом случае, однако незначительные для того, чтобы разрушить стержень. С увеличением диаметра полости в стержне напряжения увеличиваются. В стержне с полостью 260 мм напряжения практически достигают значения максимально допустимых. Дальнейшее увеличение диаметра полости ведет к разрушению стержня.

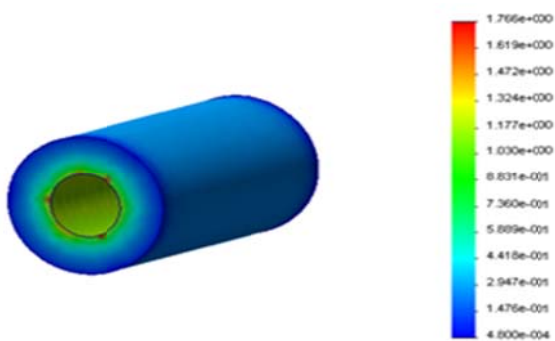
Стержни круглого сечения позволяют выполнить в них полость большего диаметра, чем квадратного на 7 %.



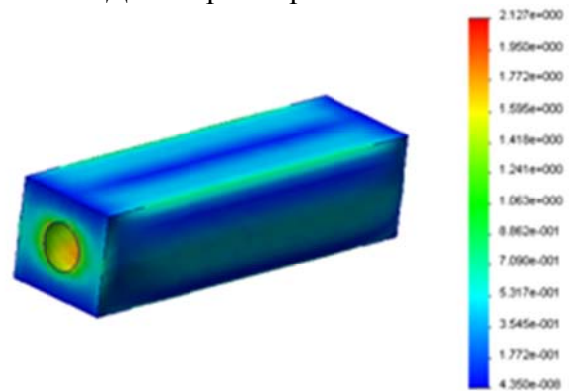
Диаметр отверстия 240 мм



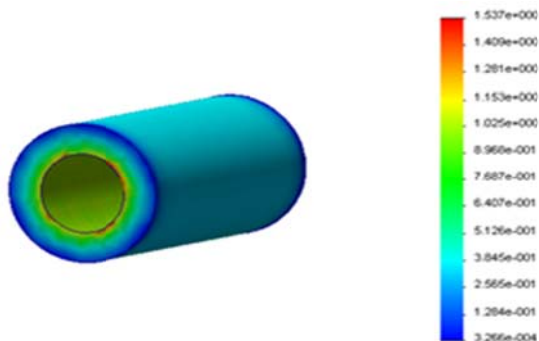
Диаметр отверстия 200 мм



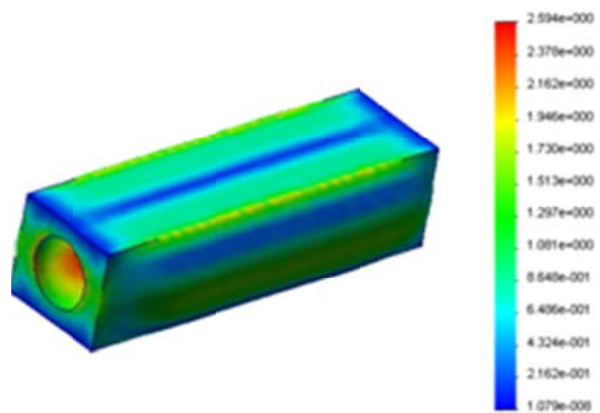
Диаметр отверстия 260 мм



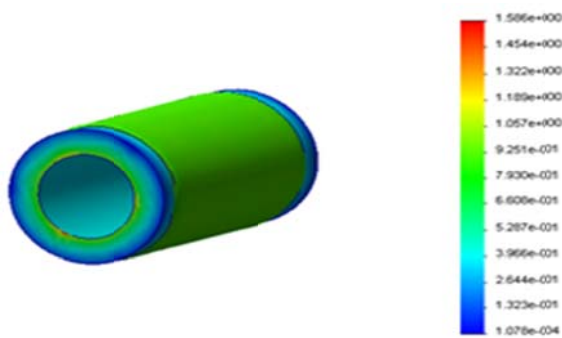
Диаметр отверстия 220 мм



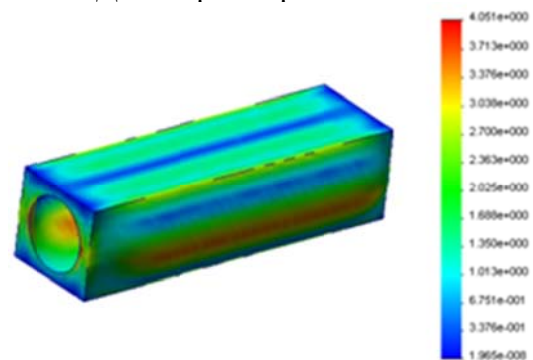
Диаметр отверстия 270 мм



Диаметр отверстия 250 мм



Диаметр отверстия 280 мм



Диаметр отверстия 260 мм

а

б

Рис. 2. Распределение напряжений в стержне:
а – круглого сечения; б – квадратного сечения.

Проверялась прочность стержней при заливке формы металлом. На рис. 3 показаны формы в сборе и напряжения, возникающие в стержнях при заливке формы металлом.

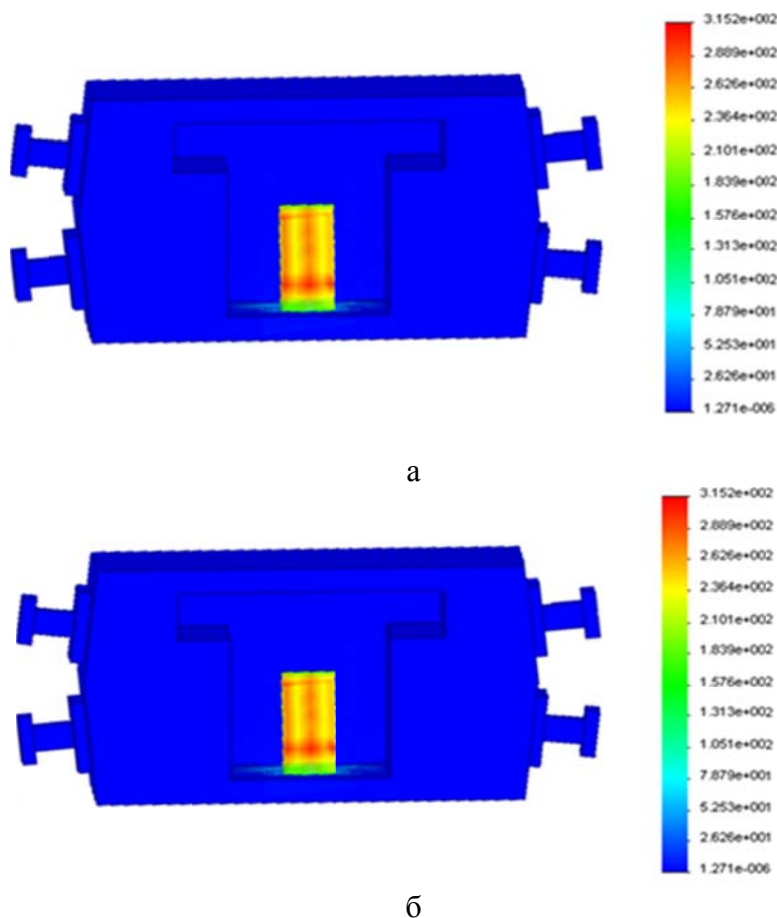


Рис. 3. Распределение напряжений во время заливки формы расплавом:
а – круглого сечения, диаметр полости 280 мм; б – квадратного сечения, диаметр полости 260 мм.

Из рис. 3 видим, что в некоторых местах напряжения достаточно велики, однако не превышают максимально допустимых, поэтому при давлении металла 60 кН оптимальный диаметр полости 260 мм для стержня круглого сечения и 280 мм для квадратного сечения совпадают с теоретическими данными.

ВЫВОДЫ

Исследования показали, что с увеличением диаметра полости в стержнях растут напряжения в них. Стержни круглого сечения позволяют выполнить в них полость большего диаметра, чем квадратного на 7 %. В ходе исследований определили, что с увеличением давления металла необходимо уменьшать полость в стержне.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дегтяренко Г. И. Изготовление форм и стержней с использованием химически отверждаемых связующих / Г. И. Дегтяренко // *Литейное производство*. – 2008. – № 6. – С. 41–47.
2. Болдин А. Н. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия. Справочник / А. Н. Болдин, Н. И. Давыдов, С. С. Жуковский. – М. : Машиностроение, 2006. – 492 с.
3. Жуковский С. С. Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных форм и стержней / С. С. Жуковский. – Москва : Полигон – П., 2006. – 342 с.

Статья поступила в редакцию 26.02.2014 г.