

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДАТЛИВОСТИ ЛИТЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ ОТЛИВОК

И. Н. Прусенко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого, Республика Беларусь»

Научный руководитель И. Б. Одарченко

Податливость является одним из важнейших эксплуатационных свойств литейных стержней, которое характеризует их поведение в условиях термомеханического нагружения при кристаллизации и охлаждении отливки. Этот показатель определяет уровень усадочных напряжений, возникающих в отливке, а также вероятность образования коробления, холодных, горячих трещин.

Химически твердеющие смеси, применяемые для изготовления стержней, характеризуются низкой податливостью, обусловленной малыми скоростью и величиной деформации структуры связующих при высокотемпературном нагреве. Известно [1], [2], что при контакте стержня с жидким металлом происходит карбонизация органических связующих компонентов стержневой смеси, которая сопровождается образованием пленочного пироуглерода (коксового остатка). Последний стабилизирует прочность стержня при контакте с расплавом, ухудшая тем самым его пластические свойства.

В работе представлены результаты исследования податливости литейных стержней, изготовленных с применением различных связующих компонентов, и произведена оценка их влияния на формирование отливок в условиях затрудненной усадки.

Для исследования коксового числа связующих компонентов отбирали навеску связующего (полиола (1 г) и катализатора (0,8 г)), которую подвергали высокотемпературному нагреву в керамическом тигле. Карбонизация полимера производилась при температуре 800 °С без доступа воздуха в высокочастотной индукционной установке *Indutherm VC650V*. Количество коксового остатка определяли по изменению массы навески до и после прокаливания (табл. 1).

Таблица 1

Коксовые числа связующих компонентов

Связующие компоненты	Среднее коксовое число, %
<i>Askuran 381, Harter rapid 03</i>	50,3
КФ65С, Ортофосфорная кислота	32
<i>Askocure 366, Askocure 666</i>	47,5
КФ-Ф, Ортофосфорная кислота	20,2
<i>Askuran NB 7915 D, hunter rapid 03</i>	35,3

Установлено, что наиболее высокий коксовый остаток имеют связующие системы на основе фенольных (*Askocure 366*) и фурановых смол (*Askuran 381*) с высоким содержанием фурилового спирта. Связующая система с применением карбамидно-фурановой смолы (КФ-Ф) имеет наименьшую величину коксового числа, следовательно, должна обладать наибольшей податливостью.

Влияние связующих компонентов на податливость литейного стержня и, следовательно, на протекание термомеханического взаимодействия в зоне контакта металл – литейный стержень оценивалось по показателям вероятности образования

трещин в теле отливок. С этой целью были изготовлены специальные литейные формы. Образцы, полученные при заполнении данных литейных форм, представляли собой полые цилиндры с утолщением по высоте стенки, переход на которую был выполнен без галтелей и радиусов закругления (рис. 1).

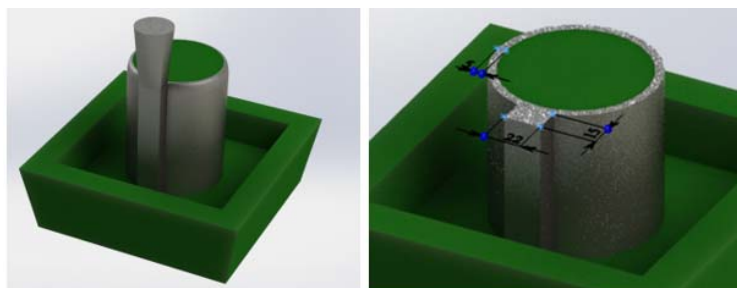


Рис. 1. CAD-модель отливки в нижней полуформе

Данная конструкция обеспечивала формирование усадочных напряжений и трещин в области стыка утолщения и стенки отливки ввиду различной скорости кристаллизации жидкого чугуна в ее сечениях.

Для изготовления серий образцов были использованы стержневые смеси с равным содержанием связующих компонентов по рецептурам, приведенных в табл. 2.

Таблица 2

Составы стержневых смесей

Состав смеси	Количество компонентов		
	Песок 1К ₂ О ₁ 016	Смола	Катализатор
№ 1	100	КФ-Ф – 1 %	Ортофосфорная кислота – 1 %
№ 2	100	КФ-65С – 1 %	Ортофосфорная кислота – 1 %
№ 3	100	Askuran NB 7915 D – 1 %	hunter rapid 03 – 1 %
№ 4	100	Askuran381 – 1 %	hunter rapid 03 – 1 %

Для заливки использовался гравитационный способ литья из конического ковша сплавом СЧ25, нагретым до температуры 1380 °С.

При визуальном осмотре полученных отливок выявлены трещины на трех образцах: № 2–4 (рис. 2).



Образец № 2

Образец № 3

Образец № 4

Рис. 2. Трещины в отливках

Образованные трещины имели грубую окисленную поверхность с неровными краями, длиной 25 мм (Образец № 3), 27 мм (Образец № 2), 42 мм (Образец № 4) и шириной 1–1,1 мм (Образцы № 2, 3), 1,3 мм (Образец № 4).

Также были определены внутренние напряжения в отливке, образующиеся при затрудненной усадке в литейных формах, изготовленных по данным рецептурам стержневых смесей (табл. 2). Испытания осуществлялись по наиболее распространенной методике с использованием технологической пробы в виде прямоугольной усадочной решетки. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Влияние вида связующих компонентов стержневых смесей
на податливость стержня**

Состав смеси		Внутренние напряжения в отливке	
Песок $2K_2O,02$	Связующие компоненты	на растяжение, МПа	на сжатие, МПа
100 %	Askuran 381 – 1 %, Harter rapid 03 – 0,8 %	2,5	5,8
100 %	КФ65С – 1 %, Ортофосфорная кислота – 0,8 %	1,0	2,4
100 %	Askocure 366 – 1 %, Askocure 666 – 0,8 %	2,4	5,5
100 %	КФ-Ф – 1 %, Ортофосфорная кислота – 0,8 %	0,8	1,8

Установлено, что результаты испытаний в целом коррелируют с данными коксового остатка представленных связующих, т. е. с ростом коксового числа отмечен рост внутренних напряжений на растяжение и сжатие. Это позволяет заключить, что химическая структура связующих компонентов оказывает влияние на внутренние напряжения в литейном стержне.

Поскольку количество коксового остатка в стержневой смеси, зависит от содержания связующего, было проведено исследование влияния рецептуры стержневой смеси на податливость литейного стержня. Количество смолы в связующей композиции варьировалось от 0,8 до 1,2 %. Исследования проводились по стандартной методике путем определения внутренних напряжений в отливке, образующихся при затрудненной усадке (табл. 4).

Таблица 4

Влияние рецептуры стержневых смесей на податливость стержня

Смесь	Количество компонентов, % масс.			Внутренние напряжения в отливке	
	Песок марки $1K_1O_2,02$	Смола марки КФ65С	Катализатор ортофосфорная кислота	на растяжение, МПа	на сжатие, МПа
Смесь 1	100	0,8	0,8	0,9	2,2
Смесь 2	100	1	0,8	1	2,4
Смесь 3	100	1,2	0,8	1,2	2,7
Смесь 4	100	0,8	1	1,1	2,5
Смесь 5	100	1	1	1,3	2,9

Окончание табл. 4

Смесь	Количество компонентов, % масс.			Внутренние напряжения в отливке	
	Песок марки 1К ₁ О ₂ 02	Смола марки КФ65С	Катализатор ортофосфорная кислота	на растяжение, МПа	на сжатие, МПа
Смесь 6	100	1,2	1	1,4	3,2
Смесь 7	100	0,8	1,2	1,2	2,9
Смесь 8	100	1	1,2	1,3	3
Смесь 9	100	1,2	1,2	1,5	3,5

При проведении исследования было установлено, что увеличение содержания связующей композиции в составе смеси с 0,8 %–0,8 % до 1,2 %–1,2 % приводит к росту внутренних напряжений в отливке на 59 % (сжатие) и 67 % (растяжение), возникающих вследствие снижения податливости. Это связано с более полной сшивкой цепей молекул полимера и образования большего количества пленочного пироуглерода. Следовательно, при увеличении прочности литейного стержня податливость уменьшается.

Для проверки данной гипотезы проведено исследование влияния прочности стержневых смесей на податливость стержня. Изменение прочности стержней осуществлялась корректировкой рецептуры и величины уплотнения смеси (табл. 5).

Таблица 5

Влияние степени уплотнения и прочности стержневых смесей на податливость стержня

№ смеси	Количество компонентов, % масс.			Условия уплотнения	Средняя прочность ст. смеси через 1 ч, Н/см ²	Внутренние напряжения в отливке	
	Песок марки 1К ₁ О ₂ 02	Смола марки КФ65С	Катализатор ортофосфорная кислота			на растяжение, МПа	на сжатие, МПа
1	100	1,2	0,8	Виброуплотнение (1420 кг/м ³)	314	1,2	2,8
2	100	1,2	1		336	1,4	3,2
3	100	1,2	1,2		362	1,5	3,5
4	100	1,2	0,8	Уплотнение тромбовкой (1560 кг/м ³)	445	1,8	4,3
5	100	1,2	1		473	1,9	4,5
6	100	1,2	1,2		485	2	4,6

Таким образом, внутренние напряжения в отливке возрастают по мере роста прочности образцов, связанного с увеличением плотности и прочности стержня.

Проведенные исследования позволили установить, что податливость литейных стержней в первую очередь определяется способностью связующей системы к карбонизации и зависит от наличия и количества ароматической структуры в химической формуле вещества, зародышей углеродных сеток кокса. Также на податливость оказывают влияние количество связующей композиции в составе стержневой смеси, плотность и величина прочности литейного стержня. При этом содержание связующих компонентов в составе стержневой смеси должно сводиться к минимуму, способному обеспечить литейный стержень комплексом эксплуатационных свойств.

Л и т е р а т у р а

1. Балинский, В. Р. Проба на податливость стержней из холоднотвердеющих смесей / В. Р. Балинский, Л. И. Иванова // Литейное пр-во. – 1975. – № 12. – С. 17.
2. Жуковский, С. С. Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм : справ. / С. С. Жуковский. – М. : Машиностроение, 2010. – 256 с.