

СТОЙКОСТЬ ЧУГУННЫХ КОКИЛЕЙ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ
ОХЛАЖДЕНИИ

В работе приводятся результаты исследований стойкости чугунных кокилей в зависимости от особенностей теплового режима литья при искусственном охлаждении. Отсутствие данных по этому вопросу затрудняет выбор оптимальных режимов эксплуатации металлических форм. Вместе с тем при соответствующих значениях коэффициента теплоотдачи на охлаждаемой поверхности кокиля можно значительно повысить производительность процесса литья без заметного снижения стойкости материала.

Термическая стойкость кокилей оценивалась по результатам испытаний чугунов на термическую усталость в условиях, близких к тепловой работе формы и величине возникающих при этом термических напряжений.

На специальной автоматической установке, позволяющей моделировать циклический режим работы кокиля с применением искусственного охлаждения, была исследована термическая стойкость серого чугуна СЧ21-40 следующего химического состава: 93,85 Fe ; 3,15 % C; 0,7 % Mn ; 0,13 % P; 0,05 % S . Испытанию подвергались образцы кольцевой формы внешним диаметром $d_1 = 30$ мм, внутренним - $d_2 = 16$ мм и высотой $h = 5$ мм, которые предварительно отжигались для снятия остаточных напряжений. Такое соотношение размеров позволяет получить в образце плоское напряженное состояние, что облегчает расчет термических напряжений, а также определение числа и размеров трещин. Нагрев образцов осуществлялся в расплаве АД-4 при температуре 750 °C с последующей выдержкой на воздухе при постоянно действующем охлаждении со значением коэффициента теплоотдачи на внутренней поверхности образца, равном 1000-1200 Вт/м². град. Температурное поле по сечению образцов измерялось потенциометром ЭПП-09М хромель-алюмелевыми термопарами 0,2 мм. Число и размер трещин определялись на микроскопе МИМ-7.

Установлено, что образование трещин начинается с наружной и внутренней поверхностей, где возникают наибольшие по абсолютной величине тангенциальные температурные напряжения. Дальнейшее развитие трещин происходит по включениям графита.

Тангенциальные напряжения для этих поверхностей вычислялись в момент возникновения максимальных температурных перепадов по методу В.В.Абрамова [1]. Расчет проводился для упругого состояния по следующей формуле:

$$\sigma_{\tau} = (-T_i + T_{cp}) \beta E, \quad (I)$$

где β - коэффициент линейного расширения;
 E - модуль упругости;

T_i и T_{cp} - температура i -го слоя и средняя температура тела.

Условия и результаты экспериментальных исследований, расчетные значения температурных напряжений приведены в таблице I. Влияние максимальной температуры нагрева T_{max} изучалось на образцах, подвергнутых действию 2000 теплосмен и имевших одинаковую начальную температуру, равную 200 °С. С ростом максимальной температуры общее количество трещин и их размер увеличиваются. Повышение температуры приводит к увеличению температурных перепадов, снижению механических характеристик материала, возникновению пластических деформаций. Изменение температуры паружной поверхности от 300 °С до 500 °С и 700 °С соответственно уменьшает стойкость в 2,8 и 3,5 раза.

Влияние начальной температуры на стойкость чугуна изучалось в упругой-упругоэластической ($T_{max} = 500$ °С) и в упругоэластической-пластической ($T_{max} = 700$ °С) зонах [2]. С увеличением начальной температуры уменьшается температурный перепад, что снижает величину возникающих напряжений, а следовательно, и число трещин. Вместе с тем, когда не только поверхностный слой, но и весь материал образца находится в упругоэластическом или пластическом состоянии, количество трещин возрастает и при меньших температурных перепадах.

При одинаковых температурных перепадах циклирование при $T_{max} = 700$ °С вызывает снижение сопротивления термической устойчивости по сравнению с испытаниями до $T_{max} = 500$ °С в 1,5-1,6 раза.

Полученные данные позволяют оценить влияние искусственного охлаждения на стойкость чугунных кокилей. Вследствие снижения максимальной температуры разогрева рабочей поверхности кокиля при искусственном охлаждении его стойкость может быть повышена.

Т а б л и ц а 1

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛИТЬЯ НА СТОЙКОСТЬ
ЧУГУНА СЧ21-40

Максимальная температура наружной поверхности, T_{\max} , $^{\circ}\text{C}$	начальная температура, $^{\circ}\text{C}$	Максимальный перепад, град	Средняя температура образца, $^{\circ}\text{C}$	Предел упругости, $\text{кг}/\text{мм}^2$	Тангенциальные напряжения, $\text{кг}/\text{мм}^2$		Число трещин на единицу длины, м		Число тепло-смен
					внутренняя поверхность	наружная поверхность	внутренняя поверхность	наружная поверхность	
300	200	50	256	18,2	+ 4,2	- 4	60	22	2000
500	200	195	380	13,0	+13,2	-17	190	43	2000
700	200	240	525	4,5	+17,6	-17,6	100	160	2000
500	100	220	293	16,0	+17,1	-17,2	212	160	3000
500	200	195	380	13,0	+13,2	-17	203	96	3000
500	300	160	400	12,25	+12,3	-12,3	80	53	3000
500	400	70	445	9	+5,25	-5,25	120	86	3000
700	100	275	514	5	+20,6	-20	380	245	3000
700	200	240	525	4,5	+17,6	-17,6	240	170	3000
700	300	200	560	4,05	+14,35	-14,35	220	128	3000
700	400	170	562	4,0	+10,3	-14,4	140	85	3000
700	500	130	576	3,5	+7,8	-7,8	145	96	3000

С другой стороны при высокой интенсивности охлаждения в кокиле увеличиваются градиенты температуры. При исследованных режимах охлаждения максимальная температура кокиля влияет на стойкость кокилей в большой степени, чем неравномерность температурного поля. Поэтому при соответствующих тепловых режимах работы стойкость охлаждаемых чугуновых кокилей может иметь то же значение, что и неохлаждаемых, а в некоторых случаях даже повышаться.

Л и т е р а т у р а

1. А б р а м о в В.В. Остаточные напряжения и деформации в металлах. М., Машгиз. 1963.

2. К о д ю б и н с к и й О.Ю. Пластичность чугуна при повышенных температурах. "Литейное производство", 1958, № 3.