

УДК 620.179.14

## РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НАМАГНИЧЕННОСТИ В ОТЛИВКЕ ЧУГУННОГО НИППЕЛЯ С ОТБЕЛЕННЫМ ПОВЕРХНОСТНЫМ СЛОЕМ

С. Г. САНДОМИРСКИЙ, О. В. КУЗМЕНКОВ  
ГНУ «ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ  
НАН Беларуси»  
Минск, Беларусь

Как показано в [1], эксперименты по анализу влияния толщины и магнитных свойств материала слоев на намагничивание двухслойного изделия трудоемки и не позволяют определить порог намагниченности для разбраковки чугуновых отливок с допустимой толщиной отбеленного слоя. Поэтому для анализа влияния толщины отбеленного слоя изделия на его остаточную намагниченность провели аналитическое моделирование.

Для повышения практической значимости анализа в качестве модели изделия рассмотрена отливка «Ниппель 1¼» (рис. 1). Считали, что «тело» отливки имеет магнитные параметры ферритного ковкого чугуна, приведенные в табл. 1 (средние значения параметров). Поверхностный слой отливки считали имеющим магнитные параметры белого чугуна (табл. 1).

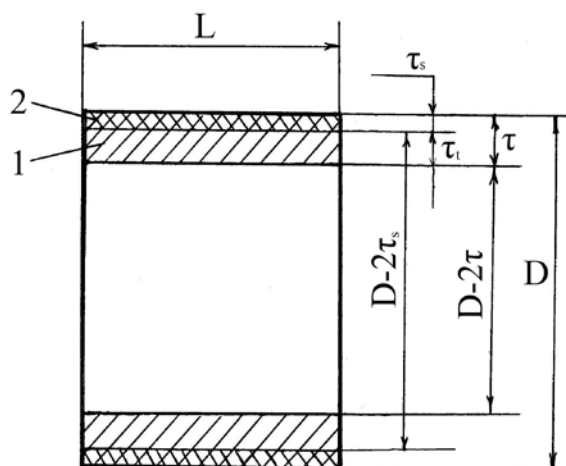


Рис. 1. Продольный разрез отливки «Ниппель 1¼»:  $L = 30$  мм – длина отливки;  $D = 42$  мм – наружный диаметр отливки;  $\tau = 6$  мм – толщина стенки отливки; 1 – «тело» отливки толщиной  $\tau_1$ , состоящее из ферритного ковкого чугуна; 2 – отбеленный поверхностный слой отливки толщиной  $\tau_s$ .

Физические основы методики расчета намагничивания двухслойных чугуновых отливок разработаны в [2]. Для расчета размагничивающего фактора сердцевины и слоя анализируемого изделия (рис. 1) использована формула для размагничивающего фактора полого цилиндра [3].

Табл. 1. Магнитные свойства белого и ковкого чугунов

Тип чугуна	Металлическая основа	Магнитные параметры, кА/м		
		$H_{cs}$	$M_s$	$M_{rs}$
Белый чугун		1,04–1,28	1035	400–440
Ковкий чугун	Ферритная	0,12–0,2	1433	440–560
	Перлитная	0,4–0,88	1393	480–600

Изменения намагниченности слоев изделия было описано формулой, предложенной Н. Н. Зацепиным для описания изменения намагниченности  $M$  материала в поле  $H$  на предельной петле магнитного гистерезиса.

С учетом изложенного, была разработана программа для расчета остаточной намагниченности двухслойного тела. Программа учитывает взаимное влияние поверхностного слоя и сердцевины на формирование их остаточной намагниченности.

Результаты расчета влияния толщины отбеленного поверхностного слоя у изделия «Ниппель 1¼» на намагниченности сердцевины и слоя и на среднюю намагниченность изделия показали, что после достижения отбеленным слоем определенной (достаточно малой) величины, поле от его остаточной намагниченности перемагничивает магнитомягкую сердцевину в противоположную полярность. Поле сердцевины становится для поверхностного слоя не размагничивающим, а подмагничивающим. В результате слой и сердцевина оказываются намагниченными в противоположных направлениях до достаточно больших величин.

Отметим важную особенность: при малых толщинах  $\tau_s$  слоя происходит аномальное увеличение средней остаточной намагниченности  $M_d$  изделия. Так, при изменении  $\tau_s$  от 0 до 0,5 мм  $M_d$  ниппеля увеличивается более, чем в 4 раза. Дальнейшее увеличение  $\tau_s$  от 0,5 до 6 мм увеличивает  $M_d$  примерно в 1,5 раза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сандомирский, С. Г.** Особенности связей магнитных свойств чугунов с их структурой и магнитные методы контроля структуры чугунных отливок (обзор) / С. Г. Сандомирский // *Литье и металлургия*. – 2016. – № 4. – С. 96–107.
2. **Сандомирский, С. Г.** Физические основы методики расчета намагничивания двухслойных чугунных отливок / С. Г. Сандомирский // *Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : междунар. Науч.-техн. конф., Могилев, 14–15 апр. 2016 / Белорус.-Рос. ун-т ; редкол. : И. С. Сазонов [и др.]*. – Могилев, 2016. – С. 275–276.
3. **Сандомирский, С. Г.** Расчет и анализ размагничивающего фактора ферромагнитных тел. / С. Г. Сандомирский. – Минск : Беларуская навука, 2015. – 244 с. : ил.