

УДК 620.179.14
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА ОСТАТОЧНОГО
МАГНИТНОГО ПОТОКА В ОТЛИВКЕ «НИППЕЛЬ 1¼"»
ДЛЯ КОРРЕКТИРОВКИ БРАКОВОЧНЫХ ПРЕДЕЛОВ

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

Минский завод отопительного оборудования (МЗОО) – крупнейший в СНГ производитель отопительных радиаторов. Важной деталью радиатора, соединяющей его секции между собой, является «ниппель 1¼"», отливка которого представляет собой полый цилиндр длиной $L \approx 30$ мм, наружным диаметром $D \approx 43$ мм и толщиной стенки $\delta \approx 6$ мм (рис. 1).

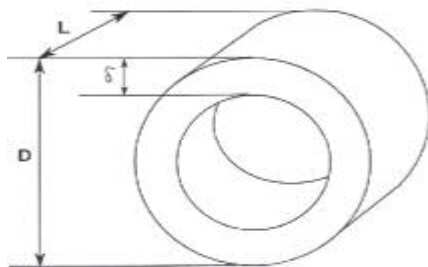


Рис.
1¼"»

1. Отливка «ниппель

Необходим контроль соответствия структуры отливок структуре ковкого чугуна до поступления их на механическую обработку. На МЗОО с использованием магнитного метода контроля решена задача 100 % контроля структуры всех отливок ниппеля после отжига перед обточкой. Создана линия автоматизированного контроля отливок ниппелей на базе прибора МАКСИ-П [1]. Прибор бесконтактно намагничивает отливки в открытой магнитной цепи при их свободном падении сквозь область с полем постоянной напряжённости $H_e \approx 46$ кА/м, ортогональном направлению движения, и измеряет остаточный магнитный поток Φ_d в отливке. Результат измерения сравнивается с пределами годности отливки. По результату сравнения исполнительный механизм осуществляет сортировку отливок на годные и брак с производительностью до 2 отливок в секунду. Прибор отличается малогабаритными размерами и весом, удобством включения в технологические циклы производства.

В [2] исследовано влияние микроструктур отливок «ниппель 1¼"» стандартного размера на показания прибора МАКСИ-П. Определены пороги показаний прибора для разбраковки не обточенных отливок ниппелей на группы по обрабатываемости. Установлена устойчивая связь Φ_d с микроструктурой отливок. Значениям $\Phi_d = 6 \div 13$ мкВб соответствует наиболее благоприятная для механической обработки структура отливок: 100 % ÷ 80 % феррита. При этом в отливках отсутствует перлитная кайма и

обрабатываемость отливок наилучшая. Для разбраковки отливок «ниппель 1¼''» установлен порог показаний прибора МАКСИ-П 13 мкВб .

Для экономии металла завод перешел к производству ниппелей, длина которых уменьшена на 5 мм. Это вызвало необходимость корректировки порога отбраковки отливок без изменения других параметров контроля на основании расчета Φ_d в отливках.

Моделью изделия «ниппель 1¼''» служит полый цилиндр из материала с $\mu \gg 1$ (рисунок). Размеры цилиндра будем характеризовать параметрами $\lambda = L/D$ и $h = 2\delta/D$.

В [3] показано, что при намагничивании параллельно образующей центральный коэффициент размагничивания N полых цилиндров при $0,2 \leq \lambda \leq 50$ в технических расчетах следует определять по формуле

$$N = h \cdot (2 - h) \cdot \mathcal{E}(\lambda) \cdot k(\lambda) \quad , \quad (1)$$

$$\text{где } k(\lambda) = \frac{1 + 2.35 \ln(1 + 0.137\lambda)}{1 + 2.28 \ln(1 + 0.284\lambda)}; \text{ для } 0 \leq \lambda < 1 \quad \mathcal{E}(\lambda) = \frac{1}{1 - \lambda^2} \left[1 - \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \lambda^2}} \arccos \lambda \right].$$

Результаты расчета N старого и нового ниппеля (табл. 1) показали, что при уменьшении длины отливки на 5 мм её N увеличивается на 13 % :

Табл. 1. Результаты расчета

«Ниппель 1¼''»	Размеры по рис. 1, мм			Параметры		
	D	δ	L	λ	h	N
Старый	43,5	5,75	30	0,69	0,264	0,172
Новый	43,5	5,75	25	0,575	0,264	0,196

Для Φ_d в отливке получена [4] формула:

$$\Phi_d = \mu_0 \cdot S \cdot M_d \cdot (1 - N), \quad (2)$$

где S – площадь сечения отливки, M_d – её остаточная намагниченность.

Оценка поля H_e , необходимого для намагничивания отливок ниппеля до технического насыщения по формуле [5], позволила получить для требуемых H_e для старого и нового ниппелей значения 224 и 255 кА/м.

Полученные значения H_e в 4 – 5 раз превосходят намагничивающее поле прибора МАКСИ-П. При $H_e \approx 46$ кА/м зависимости $M_m = M_m(H_e)$ и $M_d = M_d(H_e)$ ниппелей носит практически линейный характер. Поэтому для расчета максимальной намагниченности M_m , коэрцитивной силы H_C частного цикла петли гистерезиса, на котором происходит формирование остаточной намагниченности M_d ниппелей, воспользуемся формулами:

$$H_C \approx H_{CS} M_m / M_S, \quad (3)$$

$$M_m \approx H_e / N, \quad (4)$$

$$M_d \approx H_C / N. \quad (5)$$

Из (2) – (5) получим формулу для расчета нового порога Φ_2 разбраковки ниппелей по значению Φ_1 старого порога разбраковки:

$$\Phi_2 \approx \Phi_1 \cdot \frac{N_1^2 \cdot (1 - N_2)}{N_2^2 \cdot (1 - N_1)}, \quad (6)$$

где N_1 и N_2 – соответственно центральные коэффициенты размагничивания ниппеля старого размера и укороченного, вычисленные по (1).

Расчет по (6) с учетом данных для N_1 и N_2 старого и нового ниппелей, приведенных в таблице, позволил получить значение для порога разбраковки укороченных ниппелей $\Phi_2 = 9,7 \approx 10$ [6].

Таким образом, в результате расчета получены количественные данные по корректировке браковочного предела линии контроля и автоматической разбраковки по обрабатываемости не обточенных отливок ниппелей из ковкого чугуна КЧ 30-6 на базе приборов МАКСИ-П при изменении длины контролируемых отливок ниппелей с 30 до 25 мм. Разработанный способ корректировки браковочных пределов передан на МЗОО по договору неисключительной лицензии, зарегистрированному в Национальном центре интеллектуальной собственности Республики Беларусь под № 3634, и внедрен в цехе ковкого и серого чугуна МЗОО. Эксплуатация линии повысила рентабельность производства ниппелей, обеспечила потребность завода, позволила отказаться от замены чугунных ниппелей на импортные стальные, обеспечить их экспортные поставки. Экономический эффект от эксплуатации линии в 2007 и 2008 гг. превысил в эквиваленте 400 тысяч долларов США в год.

Работа выполнена по заданию ТД34 ГКПНИ «Техническая диагностика».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сандомирский, С. Г.** Современные возможности магнитного контроля структуры изделий (обзор) / С. Г. Сандомирский // В мире неразрушающего контроля. – 2009. – № 1. – С. 40–46.
2. **Писаренко, Л. З.** Количественный анализ взаимосвязи микроструктуры и магнитных свойств изделий типа «ниппель 1¼» из ковкого чугуна КЧ 30-6 / Л. З. Писаренко, С. Г. Сандомирский, С. Ф. Лукашевич // Дефектоскопия. – 2002. – № 4. – С. 18–24.
3. **Сандомирский, С. Г.** Рекомендации по применению в технических расчетах формул для центрального коэффициента размагничивания сплошных и полых цилиндров, стержней и пластин из материала с высокой магнитной проницаемостью (обзор) / С. Г. Сандомирский // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2008. – № 3. – С. 38–46.
4. **Сандомирский, С. Г.** Чувствительность остаточной намагниченности ферромагнитных изделий к магнитным характеристикам их материалов и геометрическим параметрам / С. Г. Сандомирский // Дефектоскопия. – 1990. – № 12. – С. 53–59.
5. **Сандомирский, С. Г.** Выбор величины намагничивающего поля при магнитоструктурном анализе ферромагнитных изделий / С. Г. Сандомирский // Дефектоскопия. – 1991. – № 7. – С. 42–48.
6. **Сандомирский, С. Г.** Корректировка браковочных пределов автоматической линии разбраковки по обрабатываемости не обточенных отливок ниппелей из ковкого чугуна КЧ 30-6 при изменении их размеров / С. Г. Сандомирский, В. А. Вершинин // Литье и металлургия. – 2008. – № 1. – С. 116–120.

E-mail: sand@iaph.bas-net.by