

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКОВИХРЕВЫХ ДАТЧИКОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К КОНТРОЛЮ НАГРЕТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛ

А. М. ПАНАСЮЧЕНКО, В. К. ЖУКОВ, Б. А. ДОБНЕР

(Представлена научным семинаром кафедры информационно-измерительной техники)

При дефектоскопии нагретых металлов высокая температура становится серьезным препятствием, приводящим зачастую к значительному усложнению конструкции датчика и резкому снижению его чувствительности. В связи с этим разработка датчиков простых по конструкции и имеющих высокую чувствительность является актуальной задачей. Разработанные ранее датчики для контроля при высоких температурах применялись либо без охлаждения, либо с воздушным или с водяным охлаждением.

Датчики без охлаждения [4] используются при сравнительно невысоких температурах (до 500°C), конструктивно сложены и недолговечны. Достоинством датчиков является высокая чувствительность. Датчик с водяным охлаждением [1] позволяет расширить область температур до 700°C . Но конструкция датчика сложна. Кроме того, при контроле накладными датчиками изделий цилиндрической формы возникают определенные трудности.

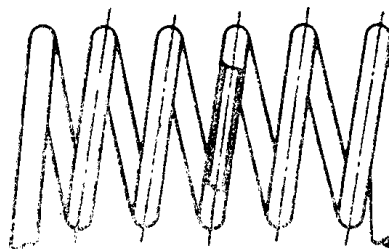


Рис. 1. Проходной датчик с водяным охлаждением.

В данной работе рассматриваются несколько вариантов датчиков с различными видами охлаждения, предназначенных для контроля цилиндрических немагнитных изделий, нагретых до высокой температуры.

Конструкция проходного датчика с водяным охлаждением изображена на рис. 1. Датчик выполняется из трубки, которая одновременно является проводником, создающим намагничивающее поле, и рубашкой, внутри которой протекает вода. Достоинство такого датчика заключается в простоте изготовления. Как некоторый недостаток конструкции, ограничивающий область ее применения, можно отметить отсутствие каркаса. Для обеспечения достаточной жесткости число витков должно быть ограничено, следствием этого является малая индуктивность датчика. Тем не менее датчики такого типа в ряде случаев применяются для контроля размеров изделий, температура которых не превышает 800°C [3].

Для контроля геометрических размеров и структурных неоднородностей цилиндрических нагретых тел в ряде случаев удобно применять

щелевой датчик, который может работать как с воздушным, так и с водяным охлаждением.

На рис. 2 показан возможный вариант датчика с водяным охлаждением. Стенка датчика, обращенная к испытываемому изделию, имеет водяную рубашку 3, благодаря которой охлаждается весь корпус датчика 2, а также феррит 1 и обмотка 4. Недостатком такой системы охлаждения является то, что торцы ферритовых полуколец, несмотря на невысокую температуру экрана, нагреваются до температуры

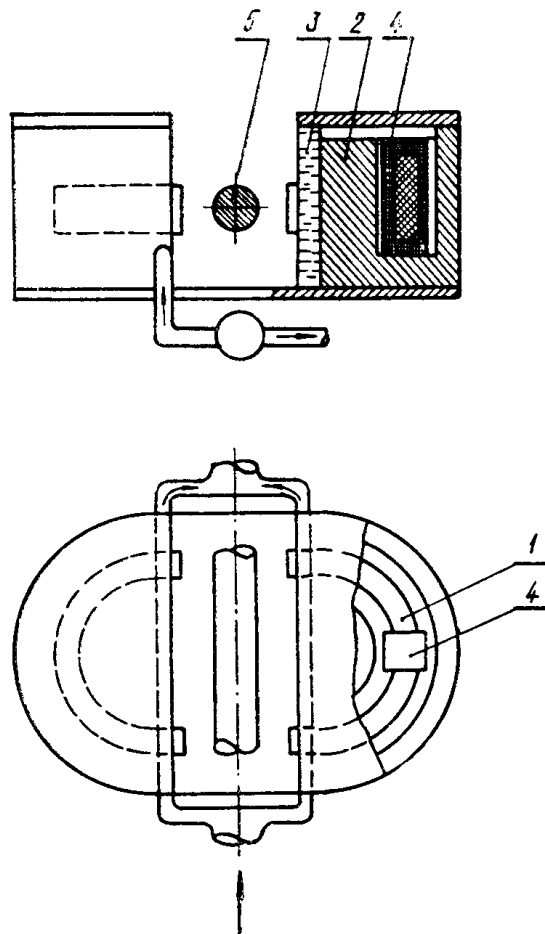


Рис. 2. Щелевой датчик с водяным охлаждением:

I — ферритовые полукольца, II — корпус датчика, III — водяная рубашка, IV — измерительная обмотка, V — изделие.

магнетизма. Недостатком такой системы охлаждения является то, что торцы ферритовых полуколец, несмотря на невысокую температуру экрана, нагреваются до температуры

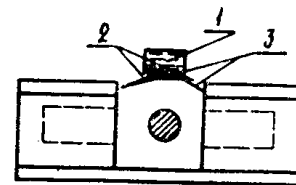


Рис. 3. Щелевой датчик с водяным охлаждением:

I — резервуар с водой, II — сливные щели, III — направляющие плоскости.

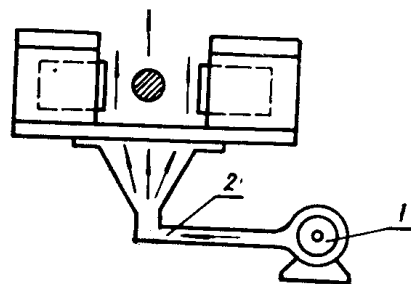


Рис. 4. Щелевой датчик с воздушным охлаждением:

I — вентилятор, II — воздуховод.

порядка 300°C , так как феррит обладает низкой теплопроводностью. В то же время точка Кюри для оксиферов лежит в пределах 120°C . Следовательно, такой вид охлаждения не является достаточно эффективным.

Второй возможный вариант датчика с водяным охлаждением изображен на рис. 3.

Над датчиком помещен резервуар с водой 1. Через щели 2 по наклонным плоскостям 3 вода свободно сливается на стенки датчика и, смачивая их, скатывается вниз, охлаждая одновременно и стенки, и торцы феррита. Такой вид охлаждения наиболее эффективен, так как энергия, отдаваемая прутком, полностью поглощается водяным потоком и не достигает стенок датчика и торцов ферритовых полуколец. При этом ни феррит, ни экран не разогреваются. Отдельные капли воды в процессе контроля могут попадать на раскаленный прутком, но это не вносит по-

грешности в работу измерительного устройства и не нарушает структуру контролируемого прутка.

В случае воздушного охлаждения (рис. 4) струя воздуха обдувает снизу как прутки, так и боковые стенки датчика и торцы. Перенос энергии от прутка к датчику производится за счет теплоизлучения и за счет конвекции воздуха. При такой системе охлаждения нагрев датчика за

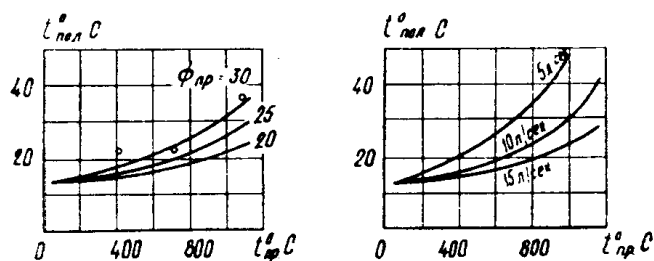


Рис. 5. Зависимость температуры полюса ферритового полукольца от температуры изделия при а) различных диаметрах прутка, б) различных мощностях вентилятора.

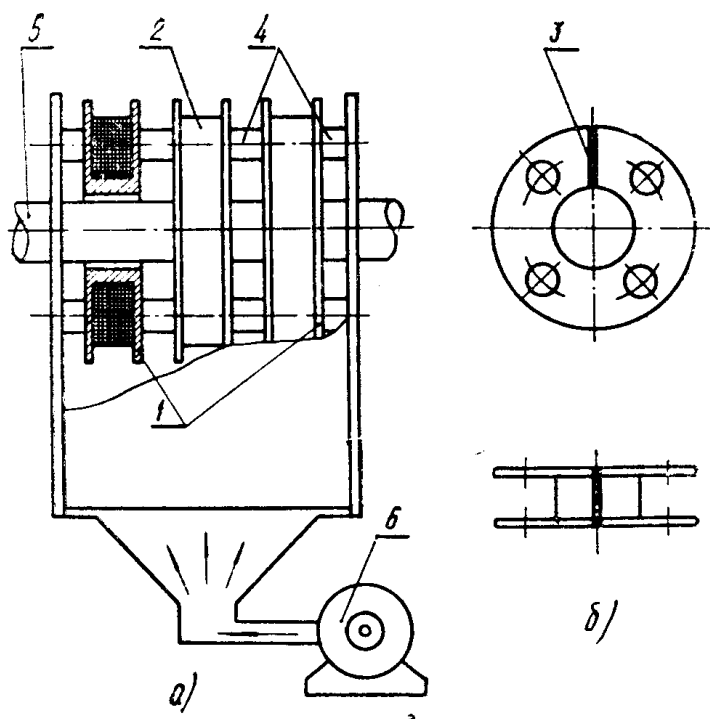


Рис. 6. Проходной датчик с воздушным охлаждением а) датчик в сборе, б) катушка датчика.

счет конвекции воздуха практически отсутствует и осуществляется только за счет теплоизлучения. В то же время датчик охлаждается потоком воздуха. Эксперименты показали, что при температуре прутка 1100°C , мощности вентилятора 10 л/сек и максимальном диаметре прутка, равном 30 мм, температура торца полюса не превышает 50°C . Если отполировать торцы полюсов и применить блестящее покрытие для внутренних стенок датчика, то температуру торца полюса можно еще более понизить.

Связь между температурой полюса $t_{\text{пол}}^{\circ}\text{C}$, температурой прутка $t_{\text{пр}}^{\circ}\text{C}$, мощностью вентилятора и диаметром прутка при одном и том же датчике показана на рис. 5.

В тех случаях, когда чувствительности целевого датчика недостаточно приходится обращаться к конструкции с проходной катушкой. Ниже приводится описание двух вариантов проходного датчика, разработанных и исследованных авторами.

Датчик, изображенный на рис. 6, а, состоит из двух намагничивающих катушек 1 и одной измерительной 2. Катушки намотаны медным проводом типа МГТФ в термостойкой изоляции. Каркас катушки (рис. 6, б) выполнен в целях повышения термостойкости и для лучшего теплоотвода из меди. Во избежание резкого снижения чувствительности за счет короткозамкнутого витка каркас имеет пропил 3. Катушки со стенками и между собой скрепляются при помощи изоляционных втулок 4. Подаваемый снизу от насоса 6 воздух обдувает контролируемое изделие и катушки датчика. При температуре прутка 800°C , мощности вентилятора 10 л/сек , диаметре прутка 30 мм и внутреннем диаметре катушки 40 мм температура каркаса под обмоткой не превышала 60°C . К недостаткам данного датчика можно отнести сложность конструкции и невозможность применения его при температуре, превышающей 1000°C .

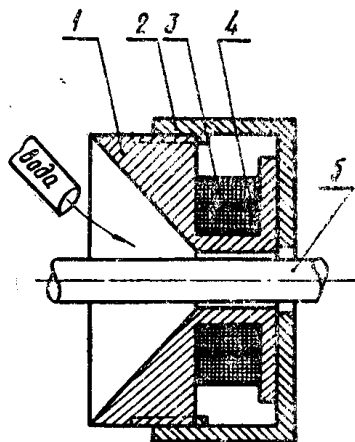


Рис. 7. Проходной датчик с водяным охлаждением.

Этих недостатков частично лишен датчик с водяным охлаждением, изображенный на рис. 7. Датчик предназначен для контроля качества прутков в процессе прокатки и состоит из катушки 1 и стакана 2. Катушка и стакан выполнены из немагнитной стали и имеют продольный разрез 3. Стакан соединяется с катушкой при помощи резьбы. Необходимо, чтобы в свинченном состоянии разрез катушки и разрез стакана совпадали. Стакан применяется для защиты обмоток катушки от внешних повреждений. В паз катушки укладываются две обмотки: намагничивающая и измерительная; в данном случае применяется также провод МГТФ, так как влага может попадать через разрез на провод. Для того, чтобы движущийся пруток 5 попадал в датчик, последний имеет конусообразный заход. Охлаждение производится при помощи струи воды, которая подается непосредственно в датчик на изделие. При температуре изделия, превышающей 1000°C , и высокой скорости движения попадание воды на него не приводит к появлению дефектов и других структурных неоднородностей. При этом обмотки практически не нагреваются.

Тип датчика и способ его охлаждения нужно выбирать в каждом конкретном случае, учитывая температуру изделия, необходимую чувствительность и размеры контролируемого изделия.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Никитин. Измерение толщины стенок труб в процессе горячей прокатки. Неразрушающие методы контроля, часть I, ОНТИ, 1965.
2. В. К. Жуков, В. Э. Дрейзин, И. Г. Лещенко. Индукционный импедансный датчик с кольцевым магнитопроводом. Дефектоскопия, № 2, 1966.
3. Электромагнитные датчики для контроля при повышенных температурах. КИТ № 30, 1966.
4. В. Е. Шатерников и В. А. Денисов. Высокотемпературные вихревые датчики. Дефектоскопия, № 3, 1968.