



УКРАЇНА

(19) UA (11) 14813 (13) A

(51) G 01 R 33/24

ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДбез проведення експертизи по суті  
на підставі Постанови Верховної Ради України  
№ 3769-XII від 23 XII 1993 р.Публікується  
в редакції заявника(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОЇ ТА ІНДУКОВАНОЇ СКЛАДОВИХ КОМПОНЕНТА  
МАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ СТАТИЧНОГО ЗОВНІШНЬОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ ФЕРО-  
МАГНІТНОГО ВИРОБУ

1

2

(21) 95125251

(22) 12.12.95

(24) 18.02.97

(46) 30.06.97. Бюл. № 3

(47) 18.02.97

(72) Єрисов Анатолій Васильович, Лупіков  
Валерій Сергійович, Розов Володимир  
Юрійович, Соколов Олександр Олексійович,  
Теличко Віктор Васильович(73) Відділення магнетизму Інституту електр-  
родинаміки НАН України (UA)(57) Способ определения остаточной и инду-  
цированной составляющих компонента маг-  
нитной индукции статического внешнего  
магнитного поля ферромагнитной заготовки  
при воздействии на нее магнитного поля  
Земли путем измерения вблизи ее поверх-  
ности вдоль трех ортогональных осей компо-  
нентов индукции  $B_v$  ( $v=x, y, z$  - оси  
ферромагнитной заготовки) однокомпонен-  
тным сосредоточенным измерительным  
датчиком, о т л и ч а ю щ и с я т е м , ч т о в  
месте расположения ферромагнитной за-  
готовки определяют значения компонен-  
тов индукции магнитного поля Земли  $B_n^v$   
по направлениям ортогональных осей  $v$ ,  
создают однородное магнитное поле с по-  
мощью ортогональных независимых кон-  
турных обмоток, накладываемых на  
ферромагнитную заготовку соосно и запи-  
тываемых постоянным током таким обра-  
зом, чтобы индукция поля была обратной по  
знаку и равной по величине удвоенному зна-  
чению соответствующего компонента ин-  
дукции магнитного поля Земли ( $-2B_n^v$ ), а  
затем регистрируют значения компонента  
магнитной индукции  $B_v^0, B_v^1, B_v^2, B_v^3$  по оси $v$ , где  $B_v^0$  - индукция измеряемого компо-  
нента при обесточенных контурных обмот-  
ках,  $B_v^1$  - при питании контурной обмотки  
по оси  $v$ ,  $B_v^2$  и  $B_v^3$  - при питании контурных  
обмоток, перпендикулярных оси  $v$ , и оп-  
ределяют остаточную и индуцированную  
составляющие  $v$ -компонента индукции ста-  
тического внешнего магнитного поля из со-  
отношений

$$B_v^v = \frac{-B_v^0 + B_v^1 + B_v^2 + B_v^3}{2};$$

$$B_{unp}^v = \frac{B_v^0 - B_v^1}{2} - B_n^v;$$

$$B_{un1}^v = \frac{B_v^0 - B_v^2}{2};$$

$$B_{un2}^v = \frac{B_v^0 - B_v^3}{2};$$

где  $B_v^v$  - остаточная составляющая компо-  
нента  $v$  индукции статического внешнего  
магнитного поля; $B_{unp}^v$  - индуцированная составляющая  
компонента  $v$  индукции статического внеш-  
него магнитного поля, обусловленная воз-  
действием на ферромагнитную заготовку  
соосного измеряемому компоненту индук-  
ции намагничивающего поля (продольная  
индуцированная составляющая); $B_{un1}^v, B_{un2}^v$  - индуцированные составля-  
ющие компонента  $v$  индукции статического  
внешнего магнитного поля, обусловленные  
воздействием на ферромагнитную заготов-  
ку перпендикулярных измеряемому компо-  
нентов индукции намагничивающего поля

(19) UA (11) 14813 (13) A

(поперечные индуцированные составляющие);

$B_n^V$  - значение компонента  $v$  магнитной индукции намагничивающего поля,

при этом величину индукции однородного намагничивающего поля устанавливают в пределах линейного участка характеристики намагничивания материала ферромагнитной заготовки.

Изобретение относится к магнитоизмерительной технике, в частности к способам измерения индукции статического внешнего магнитного поля (ВМП) массивных ферромагнитных заготовок (ФЗ) и может быть использовано для определения остаточной и индуцированной составляющих статического ВМП при подготовке ФЗ к электродуговой сварке.

Известен способ измерения и определения компонентов остаточного и индуцированной составляющих статического ВМП ферромагнитных изделий, состоящий в том, что измерительный датчик Д1 устанавливают соосно направлению горизонтальной составляющей  $H_z$  напряженности магнитного поля Земли (МПЗ) на контрольном расстоянии  $R_k \geq 2L$  от центра изделия ( $L$  - наибольший габаритный размер изделия в метрах). Изделие устанавливают на поворотной платформе передвижной тележки таким образом, чтобы одна из осей координат изделия совпала с направлением оси датчика. Затем тележку с установленным изделием удаляют от датчика на расстояние не менее  $5L$  и производят компенсацию магнитного поля системой компенсации измерительного прибора (магнитометра) таким образом, чтобы показание прибора было равным нулю. После этого тележку с изделием возвращают в исходное положение и производят первое измерение, затем изделие поворотной платформой разворачивают на  $180^\circ$  и производят второе измерение. По результатам двух измерений по соответствующим формулам определяют остаточную и индуцированную составляющие компонента статического ВМП изделия. Таким же образом производят измерения и определение компонентов статического ВМП и в направлении двух других осей изделия (см. Приложение к методике контроля и нормирования магнитных моментов корабельного оборудования (МКММ-73 арх. № л-45074с.) табл. V, схема 1, лист 33, изд. Ордена Ленина и Ордена Трудового Красного знамени Центрального научно-исследовательского института имени академика А.Н. Крылова г. Ленинград, 1973 г.). К недостаткам этого из-

вестного способа при его реализации для измерений статического ВМП массивных крупно-габаритных заготовок, расположенных в произвольном направлении относительно МПЗ до начала сварки следует отнести: необходимость установки измерительного датчика строго в направлении  $H_z$  МПЗ, установка датчика на расстоянии не менее  $2L$  от заготовки; необходимость разворота заготовки и предварительной установки стрелки измерительного прибора на нуль с удалением заготовки на расстояние не менее  $5L$  от датчика; необходимость кантования заготовки для определения компонентов статического ВМП по трем направлениям. Если в условиях специального измерительного стенда с использованием мощных грузоподъемных устройств это можно сделать, то в полевых условиях, например при сварке, труб такие измерения практически невозможны.

Известен также способ измерения и определения компонентов остаточной и индуцированной составляющих статического ВМП ферромагнитного изделия с помощью двух измерительных датчиков Д1 и Д2, устанавливаемых под углом  $90^\circ$  относительно друг друга на одинаковом расстоянии от центра изделия. (см. схему 2, табл. V- лист 33, приложения к "Методике контроля и нормирования магнитных моментов корабельного оборудования" (МКММ-73 арх. № л-45074 с.) изд. Ордена Ленина и Ордена Трудового Красного знамени Центрального научно-исследовательского института имени академика А.Н. Крылова г. Ленинград, 1973 г.). Условия измерения и определения компонентов статического ВМП ферромагнитных изделий, и недостатки этого способа те же, что и для способа, описанного выше. Преимущества данного способа по сравнению с предыдущим заключаются в повышении точности и более высокой помехоустойчивости.

Известен также способ измерения и определения остаточной и индуцированной составляющих компонента магнитной индукции статического ВМП ферромагнитной детали, приведенный в статье "Оценка вли-

яния индуктивной составляющей намагничивания ферромагнитных конструкций на сварочные процессы", автор Н.А. Паршенков (см. журнал Автоматическая сварка, 1991 г. № 5 стр. 24-28, изд. Института электросварки им. Е.О. Патона Академии наук Украины, г. Киев). Способ измерения и определения компонентов остаточной и индуцированной составляющих статического ВМП заключается в следующем: ферромагнитную плиту располагают вертикально, свариваемым торцом вверх, ориентируют плоскостью по магнитному меридиану N-S, производят первое измерение; затем при том же расположении плиты ее плоскость ориентируют по магнитному меридиану S-N, т.е. разворачивают на  $180^\circ$  и производят второе измерение; потом в том же расположении плиты плоскость плиты ориентируют в направлении перпендикулярно магнитному меридиану O-W и производят третье измерение; затем при вертикальном расположении плиты, ориентированной плоскостью по магнитному меридиану N-S, но повернутой свариваемым концом вниз, производят четвертое измерение и наконец при расположении плиты как и в предыдущем положении но с ориентированием ее плоскости по направлению, перпендикулярному магнитному меридиану O-W, производят пятое измерение. Решая систему уравнений, определяют остаточную и индуцированные составляющие напряженности статического ВМП. К недостаткам этого способа относится то, что плиту ориентируют в МПЗ строго по меридиану с учетом вертикальной составляющей  $H_z$  МПЗ и  $H_z$  одной продольной составляющей, в то время, когда массивные ФЗ могут располагаться произвольно по отношению к МПЗ и на индуцированные составляющие статического ВП воздействуют 2 поперечных компонента МПЗ, расположенные в горизонтальной плоскости Земли; возникает необходимость поворачивать и кантовать заготовку, что неприемлемо для массивных и протяженных конструкций, например трубы; для реализации способа требуется большое количество операций измерения.

В качестве прототипа выбран способ разделения значения индукции на остаточную и индуцированную составляющие (Н.А. Паршенков. Оценка влияния индуктивной составляющей намагничивания ферромагнитных конструкций на сварочные процессы. "Автомат. сварка. 1991, № 5, с. 24-28.), состоящий в измерении индукции статического ВМП на или вблизи поверхности ферромагнитной плиты с последующим разделением ее на остаточную и индуцированную состав-

ляющие. Ферромагнитную плиту устанавливают вертикально, свариваемым торцом вверх, ориентируют ее плоскостью по магнитному меридиану N-S и производят измерения индукции на поверхности свариваемого торца в нескольких точках. Затем при том же расположении плиту ориентируют плоскостью в направлении магнитного меридиана S-N, т.е. разворачивают ее на  $180^\circ$  и проводят второе измерение индукции. Оставляя плиту в том же расположении, ее ориентируют плоскостью в направлении, перпендикулярном магнитному меридиану O-W, и производят третье измерение индукции. Затем при том же вертикальном расположении плиты, ориентированной плоскостью по магнитному меридиану N-S, но повернутой свариваемым торцом вниз, производят четвертое измерение значения индукции, и при предыдущем положении, но с ориентированием плиты в направлении, перпендикулярном магнитному меридиану O-W, производят пятое измерение значения индукции. Исходя из полученных результатов измерений, производят разделение индукции плиты вблизи ее поверхности (свариваемого торца) на остаточную и индуцированную составляющие по выражениям, приведенным в статье. К недостаткам способа - прототипа относятся:

- необходимость ориентации плиты в МПЗ по магнитному меридиану с учетом вертикальной составляющей  $H_z$  МПЗ и одной горизонтальной составляющей  $H_x$  в то время, когда массивные ФЗ перед сваркой могут располагаться по отношению к МПЗ в произвольном или заданном направлениях (по проекту) и тогда на индуцированную составляющую ФЗ оказывают влияние две компоненты горизонтальной составляющей МПЗ;

- при проведении измерений возникает необходимость поворачивать и кантовать изделие на  $180^\circ$ , что неприемлемо для массивных и длинномерных ФЗ;

- требуется большое число операций и измерений.

Задачей настоящего изобретения является разработка технического решения - способа, с помощью которого можно производить измерение, разделение и определение остаточной и индуцированной составляющих компонента индукции статического ВМП массивных, крупногабаритных и длинномерных конструкций перед началом сварки в производственных помещениях и в полевых условиях на местности.

Сущность технического решения заключается в том, что в качестве источника информации о статическом ВМП ферромаг-

нитной заготовки и его составляющих, являются измеренные и определенные величины индукции статического ВМП вблизи поверхности свариваемой ФЗ, помещенной в однородное намагничивающее поле, создаваемое обмотками, наложенными вокруг ФЗ.

Известно, что при электродуговой сварке ферромагнитных конструкций наблюдаются случаи возникновения "магнитного дутья", вследствие влияния на дугу статического магнитного поля вблизи поверхности кромок свариваемых деталей. Для уменьшения этого влияния применяются различные способы снижения статического ВМП. Для того, чтобы перед сваркой правильно выбрать тот или иной способ снижения статического ВМП, необходимо знать величины составляющих ВМП - остаточной и индуцированной. Известно также, что индуцированная составляющая индукции ферромагнитных тел, помещенных в МПЗ, зависит от их пространственного расположения по отношению к МПЗ и может значительно превышать критическое значение намагниченности при электродуговой сварке на постоянном токе, что и приводит к "магнитному дутью". Уровень индукции ферромагнетиков зависит от его ориентации в МПЗ, что является следствием существенного влияния составляющих индуктивного намагничивания.

В некоторых случаях намагниченность ферромагнитных тел определяется не остаточной, а индуцированной составляющей индукции, наведенной ВМП (МПЗ). При этом следует учитывать тот факт, что индуцированная составляющая в ферромагнетике возрастает с относительным увеличением размеров тела в направлении вектора намагниченности.

Перед началом сварки ферромагнитных заготовок определяют намагниченность свариваемых кромок и производят разделение статической индукции на остаточную и индуцированную составляющие с тем, чтобы в зависимости от превышения критического значения одной (или обеих) из них принять необходимые меры по ее (или их) снижению. Для этого ФЗ помещают в однородное магнитное поле, образованное тремя ортогональными независимыми системами контурных обмоток. Вблизи свариваемой поверхности заготовки устанавливают однокомпонентный измерительный датчик (первичный измерительный преобразователь - ПИП) в направлении одного из измеряемых компонентов индукции статического ВМП. По обмоткам пропускают ток определенной величины и создают по трем

направлениям магнитное поле, совпадающее с соответствующими направлениями составляющих МПЗ. Таким образом на ФЗ воздействует суммарное намагничивающее поле (НП). Затем путем реверсирования отдельных составляющих магнитного поля обмоток измеряют 4 значения величины индукции статического ВМП -  $B_v^0$ ,  $B_v^1$ ,  $B_v^2$  и  $B_v^3$ , причем величину  $B_v^0$  получают, когда все три составляющие НП равны соответствующим составляющим МПЗ (когда магнитное поле обмоток равно нулю);  $B_v^1$ ,  $B_v^2$  и  $B_v^3$  получают, когда одна из трех составляющих НП равна по величине и противоположна по направлению соответствующему направлению составляющей МПЗ, после чего остаточную и индуцированные составляющие компонента статического ВМП ФЗ определяют по следующим выражениям

$$B_o^v = \frac{-B_v^0 + B_v^1 + B_v^2 + B_v^3}{2};$$

$$B_{unp}^v = \frac{B_v^0 - B_v^1}{2} - B_n^v;$$

$$B_{un1}^v = \frac{B_v^0 - B_v^2}{2};$$

$$B_{un2}^v = \frac{B_v^0 - B_v^3}{2};$$

где  $B_o^v$  - остаточная составляющая ФЗ;

$B_n^v$  - составляющая индукции МПЗ;

При этом величина намагничивающего поля не должна вызывать насыщение материала заготовки, т.е. индукцию поля устанавливают в пределах линейного участка характеристики намагничивания материала заготовки.

На фиг. 1а показаны направления координат, по которым определяются компоненты индукции статического ВМП ФЗ; на фиг. 1б - направления индукции МПЗ; на фиг. 1в - направления индукции магнитного поля контурных обмоток; на фиг. 1г - направления индукции МПЗ и контурных обмоток при измерении индукции  $B_v^1$ ; на фиг. 1д - направления индукции МПЗ и контурных обмоток при измерении индукции  $B_v^2$ ; на фиг. 1е - направления индукции МПЗ и контурных обмоток при измерении индукции  $B_v^3$ .

Предлагаемый способ определения остаточной и индуцированных составляющих компонента индукции статического ВМП, например, по оси x вблизи (на) поверхности ФЗ (см. фиг. 1а) производится следующим образом: в месте расположения ФЗ предварительно измеряют величины компонентов индукции МПЗ в трех направлениях  $B_n^x$ ,  $B_n^y$ ,  $B_n^z$  (см. фиг. 1б), параллельных осям

системы координат ФЗ на месте установки (фиг. 1а). Затем на поверхность ФЗ укладывают три независимые контурные обмотки соосные осям ФЗ. Параметры контурных обмоток определяют расчетным путем, исходя из размеров ФЗ и величины компонентов МПЗ ( $B_n^x, B_n^y, B_n^z$ ). При этом величины индукции магнитного поля  $B_k^x, B_k^y, B_k^z$  контурных обмоток выбирают таким образом, чтобы при их подключении к регулируемому источнику постоянного тока удовлетворялись требования:  $B_k^x \geq 2B_n^x, B_k^y \geq 2B_n^y, B_k^z \geq 2B_n^z$ , (фиг. 1в). Вблизи (на) поверхности ФЗ по оси x системы координат ФЗ (фиг. 1а) устанавливают однокомпонентный датчик D и при обесточенных контурных обмотках ( $B_k^x=0, B_k^y=0, B_k^z=0$ ) измеряют магнитную индукцию  $B_x^0$ , представляемую суммой составляющих

$$B_x^0 = B_o^x + B_{upr}^x + B_{up1}^x + B_{up2}^x + B_n^x.$$

Затем контурной обмоткой по оси x создают магнитное поле величиной  $B_k^x = 2B_n^x$  и измеряют индукцию  $B_x^1$ , причем  $B_k^y=0$  и  $B_k^z=0$ , (фиг. 1г), представляемую суммой составляющих:

$$B_x^1 = B_o^x - B_{upr}^x + B_{up1}^x + B_{up2}^x - B_n^x.$$

Затем контурной обмоткой по оси y создают магнитное поле величиной  $B_k^y = 2B_n^y$  и измеряют индукцию  $B_x^2$ , причем  $B_k^x=0$  и  $B_k^z=0$ , (фиг. 1д), представляемую суммой составляющих:

$$B_x^2 = B_o^x + B_{upr}^x + B_{up1}^x + B_{up2}^x + B_n^x.$$

Затем контурной обмоткой по оси z создают магнитное поле величиной  $B_k^z = 2B_n^z$  и измеряют индукцию  $B_x^3$ , причем  $B_k^x=0$  и  $B_k^y=0$ , (фиг. 1е), представляемую суммой составляющих:

$$B_x^3 = B_o^x + B_{upr}^x + B_{up1}^x - B_{up2}^x + B_n^x.$$

Остаточную  $B_o^x$  и индуцированные составляющие x - компонента индукции ВМП определяют по формулам:

$$B_o^x = \frac{-B_x^0 + B_x^1 + B_x^2 + B_x^3}{2};$$

$$B_{upr}^x = \frac{B_x^0 - B_x^1}{2} - B_n^x;$$

$$B_{up1}^x = \frac{B_x^0 - B_x^2}{2};$$

$$B_{up2}^x = \frac{B_x^0 - B_x^3}{2};$$

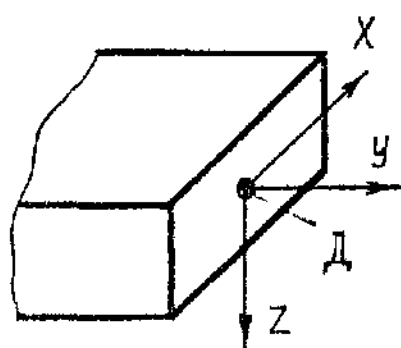
где  $B_o^x$  - остаточная составляющая компонента x индукции статического ВМП;

$B_{upr}^x$  - индуцированная составляющая компонента x индукции статического ВМП (продольная составляющая);

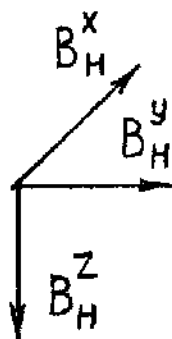
$B_{up1}^x, B_{up2}^x$  - индуцированные составляющие компонента x индукции статического ВМП, обусловленные воздействием на ФЗ перпендикулярных измеряемому компоненту индукции намагничивающего поля (поперечные индуцированные).

Затем датчик D устанавливают в направлении оси Y(Z) и проводят измерения составляющих компонентов индукции  $B_y(B_z)$  в последовательности, приведенной выше.

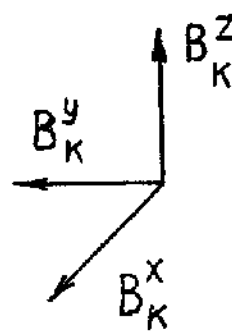
Достижение положительного эффекта при осуществлении данного технического решения подтверждается тем, что исключается необходимость разворота свариваемых массивных (крупногабаритных) ФЗ вокруг своей оси на  $180^\circ$  при определении остаточной и индуцированной составляющих статического ВМП. При этом измерения для определения составляющих индукции производятся при произвольном расположении ФЗ относительно МПЗ, что позволяет более точно определить величину индуцированной составляющей, а затем оценить по ее значению влияние на режим сварки и выбор средств ее снижения.



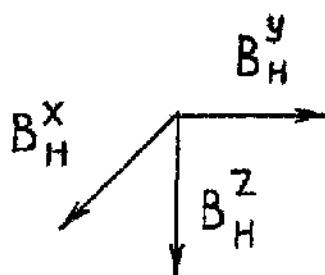
а)



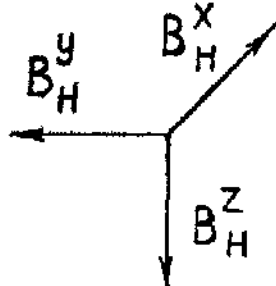
б)



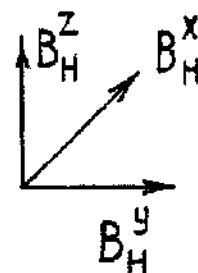
в)



г)



д)



е)

Упорядник

Техред М.Моргентал

Коректор В. Бугренкова

Замовлення 4152

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул Гагаріна, 101