

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3761292号
(P3761292)

(45) 発行日 平成18年3月29日(2006.3.29)

(24) 登録日 平成18年1月20日(2006.1.20)

(51) Int. Cl.

G O 1 N 29/04 (2006.01)

F I

G O 1 N 29/10 5 0 5

請求項の数 4 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平9-204008	(73) 特許権者	000110251
(22) 出願日	平成9年7月30日(1997.7.30)		トピー工業株式会社
(65) 公開番号	特開平11-44675		東京都千代田区四番町5番地9
(43) 公開日	平成11年2月16日(1999.2.16)	(74) 代理人	100083091
審査請求日	平成15年8月26日(2003.8.26)		弁理士 田淵 経雄
前置審査		(72) 発明者	森 克己
			東京都千代田区四番町5番地9 トピー工業株式会社内
		(72) 発明者	鈴木 朗
			東京都千代田区四番町5番地9 トピー工業株式会社内
		(72) 発明者	青木 尚夫
			東京都千代田区四番町5番地9 トピー工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ホイール組付溶接部の超音波測定法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

一端フランジレスのリムとディスクをリムのフランジレス側端部とディスクの背面との間でレーザ溶接にて組付けたホイールの組付レーザ溶接部をディスク面側から超音波探傷測定するホイール組付溶接部の超音波測定法であって、

リムとディスクを組付溶接したホイールを水中に浸漬する工程と、

超音波測定装置のセンサーをホイールの組付溶接部に対向させる工程と、

ホイールを1周回転させてホイールの組付溶接部の複数点を超音波探傷測定する工程と、

を有し、

前記レーザ溶接では開先角を約20°に設定しておき、

前記センサーをホイールの組付溶接部に対向させる工程ではディスクおもて側面での表面エコーを回避可能なように超音波入射角をディスクおもて側面に対して4°～6°の範囲の角度に設定し、

前記超音波探傷測定する工程では面状欠陥を0.5mmの検出精度で検出可能なように超音波の周波数を約25MHzに設定して超音波探傷測定を行う

ホイール組付溶接部の超音波測定法。

【請求項2】

前記センサーをホイールのリムを倣う倣い装置に固定することによりセンサーをホイールの組付溶接部の測定すべき部位に正確に対向させる請求項1記載のホイール組付溶接部

の超音波測定法。

【請求項 3】

前記センサーにビーム集中型センサーを使用する請求項 1 記載のホイール組付溶接部の超音波測定法。

【請求項 4】

水中にヒータを設けて超音波探傷測定中水温を一定に維持する請求項 1 記載のホイール組付溶接部の超音波測定法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

10

本発明は、ホイール組付溶接部の超音波測定法に関し、とくにリムとディスクをレーザ溶接したホイールの溶接部を超音波により検査する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来のホイール組付溶接部ののど厚の検査は、抜取りによる、破壊検査法（切断し、断面を研磨して、溶接溶け込み状況を観察する方法）によっている。しかし、検査に時間がかかりリアルタイムの全数検査は不可能である。また、断面切断による方法であるため溶接部の一部しか見れない。

他方、最近、レーザ溶接による組付け自動車用ツーピースホイールの量産が開始された。レーザ溶接による組付けホイールの量産は世界でも初めてであるため、万全を期すために、全数で、しかも非破壊（たとえば、超音波測定）で、のど厚検査を行いたい。

20

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、超音波探傷測定をホイールのレーザ溶接組付部に適用するには、つぎの問題が予想される。

（イ） 近距離音場による不感帯がセンサー表面から約 26 mm までであり、板厚が約 4 mm、板表面から溶接部までの距離が約 3 mm のホイールは近距離音場に入ってしまう、直接には測定できない。さらに詳しくは、超音波の伝播の様子は振動子の大小、振動周波数に関係し、振動子の前方媒体中で独特の音の大きさ分布が形成される。これを、音場といい、図 9 にその一例を示す。白い所が音圧の高い所、黒い部分が低い所、または 0 の所である。振動子から一定の距離 x_0 より遠い範囲で測定可能となっている。 x_0 を近距離音場限界距離といい（1）式で与えられる。

30

$$x_0 = D^2 / (4 \lambda) = D^2 f / (4 C) \quad \dots \quad (1)$$

D：円形振動子の直径 mm

λ：伝播媒質中の波長

f：周波数

C：伝播媒質中の音速

振動子の直径を 5 mm、周波数 10 MHz あるいは 25 MHz で垂直探傷を行う場合の x_0 を求めると、10 MHz の時 $x_0 = 10.59$ mm、25 MHz の時 $x_0 = 26.48$ mm となり、ホイールの板厚が約 4 mm、板表面から溶接部までの距離が約 3 mm であるから、近距離音場限界距離内に入ってしまう、直接には測定できないことがわかる。

40

（ロ） ホイール自体の精度、とくに振れ精度が 0.2 ~ 0.7 mm と、測定レベルに比較して大きいため、測定位置を再現（センサーを測定位置に常に合わせる）ことが困難である。さらに詳しくは、図 10 に示すように、ドラム試験と対応した場合、2.6 mm 以上でドラム試験をクリアしていることから、のど厚 3.0 mm 以上確保、のど厚目標 3.5 mm を管理値としたい。したがって、超音波測定による測定精度の目標値を、のど厚 3.0 mm とのど厚目標 3.5 mm を識別できる精度（検出精度 0.5 mm）に設定する必要がある。ホイール自体に 0.5 mm 程度の振れがあるなかで、如何にして測定誤差を少なくし、検出精度 0.5 mm を維持するかが重要となる。また、測定精度の維持を阻害する主な外乱因子として、上記のホイール自体の振れ（縦振れ、半径方向の振れ）の他に、

50

ホイールを載置するテーブルの振れ、ホイールとテーブル間のチャッキング時の偏心、水温の変化による屈折率の変化などがある。

(ハ) 測定位置の板厚が約3mm程度であるため、表面からの反射エコーと欠陥からの反射エコーが重なり、欠陥エコーのみの検出ができない。さらに詳しくは、表面エコーと反射エコーとのビーム路程の差は1μsec程度しかないため、センシングのゲート調整のみで、これらを判別することは難しい。

【0004】

本発明の課題は、近距離音場による不感帯があるにかかわらずホイール溶接部の探傷測定ができる、ホイールの組付溶接部の超音波測定法を提供することである。

本発明のもう一つの課題は、近距離音場による不感帯があるにかかわらずホイール溶接部の探傷測定ができるとともに、ホイール自体に振れがあるにかかわらず高精度で測定位置を合わせて測定できる、ホイールの組付溶接部の超音波測定法を提供することである。

本発明のさらにもう一つの課題は、近距離音場による不感帯があるにかかわらずホイール溶接部の探傷測定ができるとともに、表面からの反射エコーと欠陥からの反射エコーとを識別できる、ホイールの組付溶接部の超音波測定法を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明はつぎの通りである。

(1) 一端フランジレスのリムとディスクをリムのフランジレス側端部とディスクの背面との間でレーザ溶接にて組付けたホイールの組付レーザ溶接部をディスク面側から超音波探傷測定するホイール組付溶接部の超音波測定法であって、

リムとディスクを組付溶接したホイールを水中に浸漬する工程と、

超音波測定装置のセンサーをホイールの組付溶接部に対向させる工程と、

ホイールを1周回転させてホイールの組付溶接部の複数点を超音波探傷測定する工程と、

を有し、

前記レーザ溶接では開先角を約20°に設定しておき、

前記センサーをホイールの組付溶接部に対向させる工程ではディスクおもて側面での表面エコーを回避可能なように超音波入射角をディスクおもて側面に対して4°～6°の範囲の角度に設定し、

前記超音波探傷測定する工程では面状欠陥を0.5mmの検出精度で検出可能なように超音波の周波数を約25MHzに設定して超音波探傷測定を行う

ホイール組付溶接部の超音波測定法。

(2) 前記センサーをホイールのリムを倣う倣い装置に固定することによりセンサーをホイールの組付溶接部の測定すべき部位に正確に対向させる(1)記載のホイール組付溶接部の超音波測定法。

(3) 前記センサーにビーム集中型センサーを使用する(1)記載のホイール組付溶接部の超音波測定法。

(4) 水中にヒータを設けて超音波探傷測定中水温を一定に維持する(1)記載のホイール組付溶接部の超音波測定法。

【0006】

上記(1)の方法では、水没式超音波測定法を採用し水距離を置くことにより、近距離音場限界距離外で測定することができる。

また、一端フランジレスのリムとディスクをリムのフランジレス側端部とディスクの背面との間でレーザ溶接にて組付けたホイールの組付溶接部の超音波測定法であって、超音波探傷測定工程において超音波入射角を4°～6°の範囲の角度に選定して超音波探傷測定を行うようにしたので、表面エコーの影響を極力回避できる。

また、開先角を約20°に選定し、超音波入射角を約5°に選定するので、水から鋼への屈折角が約20°となり開先面で反射したエコーはそのままセンサーに戻るが、水とホイールとの境界面で反射したエコーは反射角5°で反射してセンサーに戻らない。そのた

10

20

30

40

50

め、表面からの反射エコーと欠陥からの反射エコーとを識別できる。

また、超音波の周波数を約 25 MHz に設定したので、面状欠陥を 0.5 mm の検出精度で検出できる。

上記(2)の方法では、リムを倣う倣い装置を作製しそれにセンサーを取り付けたので、ホイールを回転させたときリムの縦振れ(半径方向振れ)に応じてセンサーもリム半径方向に移動するので、リムの縦振れがあってもセンサーは正しく溶接部に対応することができる。

上記(3)の方法では、センサーにビーム集中型センサーを使用する。ビーム集中型センサーは、見たいポイントに超音波ビームを絞りこみ最大音圧を得るものである。ビーム径の 1/3 に面状欠陥がかかればほぼ最大エコーに近い音圧が得られる。超音波に使用される周波数が通常 5 ~ 10 MHz であるが、のど厚 3.0 mm と 3.5 mm の差 0.5 mm を正確に検出するために、ビーム径 X を約 1.5 mm に設定し(面状欠陥の約 3 倍のビーム径とするため)、後述する(2)式を用いて、周波数を 25 MHz に選定した。

上記(4)の方法では、水温を一定に保持するので、水の音速が一定となり屈折率も一定になり、測定が温度の変化による外乱を受けにくい。

【0007】

【発明の実施の形態】

本発明実施例のホイール組付溶接部の超音波測定法を図1~図7を参照して説明する。

本発明実施例のホイール組付溶接部の超音波測定法は、図1に示すように、リム2とディスク3を組付溶接したホイール1を水4中に浸漬する工程と、超音波測定装置のセンサー5をホイールの組付溶接部6に対向させる工程と、ホイール1を1周回転させてホイールの組付溶接部6の複数点を超音波探傷測定する工程と、からなる。なお図1中7はターンテーブルである。

水浸法による超音波検査のため、センサー5とホイール1との間に水距離をおくことができ、それによってホイール溶接部6を近距離音場限界距離外で測定することができ、測定可能になる。

ホイールの溶接部の水浸法による超音波検査、測定では、センサー5から出た超音波は、水中を音速約 1480 m/sec で伝わり、ホイール表面で一部は表面エコーとして反射する。表面で、約 94% が反射する。残りの超音波は屈折して、ホイール材料内部に入射する。ホイール内部に入射した超音波は縦波として音速 5900 m/sec で伝播する。

溶接部に溶け込み不足やレーザの狙い位置ずれなどによる開先残りがあるとそこで反射し、反射エコーとしてセンサーに戻る。溶接部に何の欠陥も無いときはそのまま伝播し、センサーには戻らない。溶接部に欠陥があった場合に、ブラウン管上に移る探傷図形をモデル化して、図2に示す。

【0008】

超音波試験における、溶接部ののど厚(溶け込み深さ)の保証レベルと目標値をつぎの如く設定した。

ドラム試験との対応で、2.6 mm 以上でドラム試験をクリアしていることから、のど厚 3.0 mm 以上、のど厚目標 3.5 mm を管理値とした。したがって、超音波測定における測定精度の目標を、図10において、のど厚 3.0 mm とのど厚目標 3.5 mm とを識別できることに設定した。

【0009】

この検出精度 0.5 mm を維持するために、センサー5をビーム集中型センサーとし、狙い角(入射角)を所定範囲の角度(4°~6°)に設定した。

まず、ビーム集中型センサーについて説明する。

ビーム集中型センサーは、図3に概念を示すように、見たいポイントに超音波ビームを絞り込み、最大の音圧を得るものである。

ビーム径の 1/3 が面状欠陥にかかればほぼ最大エコーに近い音圧が得られるとされている。超音波に使用される周波数は通常 5 ~ 10 MHz であるが、0.5 mm (のど厚 3

10

20

30

40

50

・ 0 mm とのど厚目標 3 . 5 mm との差) を正確に検出するために、ビーム径 X を約 1 . 5 mm に設定し、次式により周波数約 2 5 M H z のセンサーを選定した。

$$X = 1 . 22 \times (F / a) \cdots \cdots (2)$$

X : ビーム径 (約 1 . 5)

: 波長 (水中) mm

F : 焦点距離 mm (2 5 mm)

a : 振動子径 mm (5 mm)

$$f = C_s / \cdots \cdots (3)$$

f : 周波数

C_s : 鋼中の音速 = 5 9 0 0 m / s e c

10

【 0 0 1 0 】

つぎにセンサー狙い角 (入射角) の選定について説明する。

センシングは、送信と受信を 1 個の探触子で行う 1 探触子法で行う。水中と鋼中では音速が異なるため、ホイール表面で屈折が起こる。この時の屈折角は (4) 式 (スネルの法則) により求められる。

表面エコーと反射エコーのビーム路程の差は 1 μ s e c 程度しかないため、センシングのゲート調整のみでこれらを判別することは難しい。そこで、開先角度 (屈折角度) と反射角度の差を利用し、表面エコーの影響 (音圧) を極力回避できるように角度設定を行い、入射角は 4 ° ~ 6 ° を採用した。この入射角、反射角、屈折角の関係を図 4 に示す。

$$\sin L / C_L = \sin s / C_s \cdots \cdots (4)$$

$$L = \arcsin \{ (C_L / C_s) \sin s \}$$

$$= 4 . 9217 \quad (\text{約 } 5^\circ)$$

ここで、 L : 入射角 (センサーの狙い角)

C_L : 水中の音速 = 1 4 8 0 m / s e c

C_s : 鋼中の音速 = 5 9 0 0 m / s e c

s : 屈折角 = 開先角度 = 2 0 °

これによって、入射角は 4 ° ~ 6 ° とし、開先角度を 2 0 ° とした。

【 0 0 1 1 】

つぎに、測定精度 0 . 5 mm の維持について説明する。

測定精度の維持を阻害する主な外乱因子には、以下の項目が挙げられる。

- (1) テーブルの振れ
- (2) ホイールとテーブル間のチャッキング時の偏心
- (3) ホイール自体の振れ
- (4) 水温の変化による屈折率の変化

【 0 0 1 2 】

このうち、水温の変化による屈折率の変化は、水中ヒータを設けて水温を一定に制御することにより対策される。水の音速と温度との関係式はつぎの通りである。

$$V_w = 1404 . 4 + 4 . 8215 T - 0 . 047562 T^2 + 0 . 00013541 T^3$$

V_w : 水の音速

T : 水温 ()

40

水温 1 0 と 3 0 の時の超音波の入射角はそれぞれ 4 . 8 °、5 . 0 °となる。夏と冬では水温の違いから、超音波の屈折角に影響を与え、センサーの最適狙い角 (入射角) が変化することが予測されるため、水槽にヒータを入れ、水温を一定にするようにした。

【 0 0 1 3 】

外乱のうち、テーブルの振れ、ホイールとテーブル間のチャッキング時の偏心、ホイール自体の振れに対しては、図 5 に示すように、リム 2 に倣う倣い装置 8 を設け、倣い装置 8 にセンサー 5 を固定することにより対策する。さらに詳しくは、量産時の測定ではライントクトタイムの要請から、溶接部全体を超音波でスキャンさせることはできない。そこで、ホイールの溶接部を 1 周させ、1 周につき 2 0 0 0 ポイントの測定でのど厚の検査を

50

行う方法をとる。この測定を行う場合、テーブルの振れ、ホイールとテーブル間のチャッキング時の偏心、ホイール自体の振れにより、センサーの狙い位置がずれてしまう可能性がある。それを防止するため、図5に示すように、リム2を倣う治具（倣い装置）8を製作し、倣い装置8にセンサー5を固定し、倣い装置8は倣いローラ9を有し、倣いローラ9をリム2の外周面にバネ10により付勢して当てる。リム2が変位してもそれにつれて倣い装置8も同量変位するので、溶接部とセンサー5は一定の位置関係を保持する。

【0014】

超音波で測定する場合、通常、既知の寸法のゲージと比較して良否を判定する。このゲージに相当するものとして、図6に示すような、ホイール軸芯に対し角度 20° 、深さ3mmの人工欠陥11を有するマスターホイール12を使用することにした。

10

【0015】

上記測定方法を用いて測定試験を実行した。試験を繰返し20回行って、倣い改善前（比較例）と倣い改善後（本発明）の欠陥数N、欠陥率（ $= \text{欠陥数} / 2000 \times 100$ ）、欠陥長さLを測定した。図7はその結果を示している。図7からわかるように、倣い装置の導入改善後、精度良く、ばらつきが小さく、測定できることがわかる。とくに、欠陥長さの繰返し20回の測定試験では、ばらつき = 0と信頼性が高いことがわかった。

【0016】

反射してくるエコーを、欠陥と見なすかどうかの音圧レベル設定に閾値設定がある。とくに、周波数25MHzでの測定は、周波数が高いため、閾値の選定によっては、結晶粒界での散乱の影響を受けることがある。このような欠陥の無い母材部分でも欠陥として評価してしまう様子を図8に示す。閾値には図8より200を選定した。これによって、欠陥のみを欠陥としてカウントできるようになる。

20

【0017】

【発明の効果】

請求項1の方法によれば、水没式超音波測定法を採用し水距離を置くことにより、近距離音場限界距離外で測定することができる。

また、一端フランジレスのリムとディスクをリムのフランジレス側端部とディスクの背面との間でレーザ溶接にて組付けたホイールの組付溶接部の超音波測定法であって、超音波探傷測定工程において超音波入射角を $4^\circ \sim 6^\circ$ の範囲の角度に選定して超音波探傷測定を行うようにしたので、表面エコーの影響を極力回避できる。

30

また、開先角を約 20° に選定し、超音波入射角を約 5° に選定するので、表面からの反射エコーと欠陥からの反射エコーとを識別できる。

また、周波数25MHzのセンサーを選定したので、0.5mmの測定精度を出せる。

請求項2の方法によれば、リムを倣う倣い装置を作製しそれにセンサーを取り付けたので、ホイールを回転させたときリムの縦振れ（半径方向振れ）に応じてセンサーもリム半径方向に移動するので、リムの縦振れがあってもセンサーは正しく溶接部に対応することができる。

請求項3の方法によれば、センサーにビーム集中型センサーを使用するので、0.5mmの測定精度を出せる。

請求項4の方法によれば、水温を一定に保持するので、水の音速が一定となり屈折率も一定になり、測定が温度の変化による外乱を受けにくい。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例の水浸法を実施する装置の断面図である。

【図2】 欠陥があった場合の探傷図形図ある。

【図3】 ビーム収束型センサーの概略図ある。

【図4】 入射角、屈折角、反射角の関係図である。

【図5】 倣い装置の側面図である。

【図6】 マスターホイールの一部断面図である。

【図7】 倣い装置導入前後の測定精度向上状況図である。

【図8】 欠陥率、欠陥長さ、欠陥数と閾値との関係図である。

50

【図 9】 振動子の作る音場の一例の側面図である。

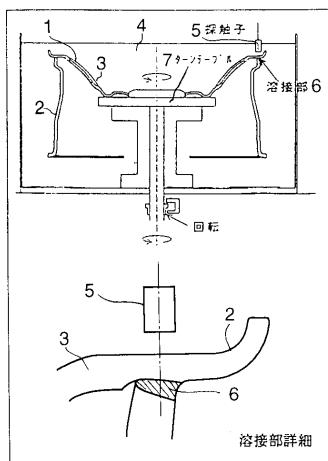
【図 10】 ホイールの、のど厚近傍の断面図である。

【符号の説明】

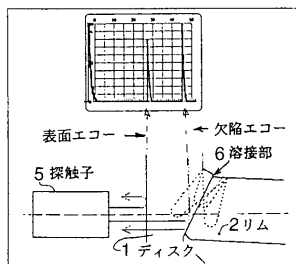
- 1 ホイール
- 2 リム
- 3 ディスク
- 4 水
- 5 センサー
- 6 溶接部
- 7 ターンテーブル
- 8 倣い装置
- 12 マスターホイール

10

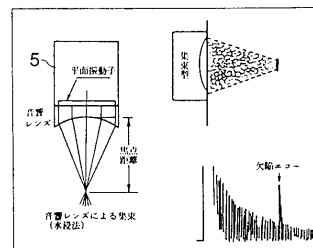
【図 1】



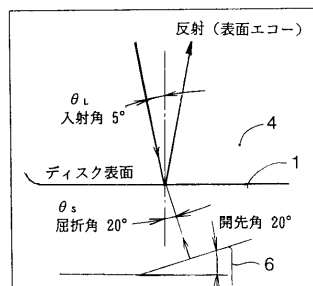
【図 2】



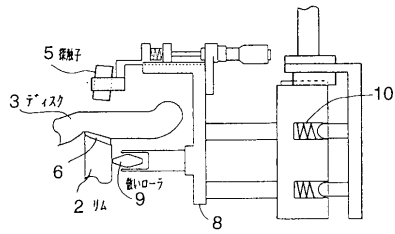
【図 3】



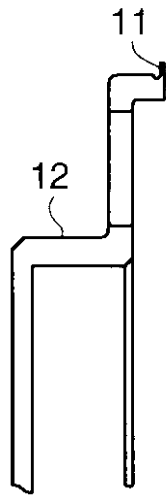
【図 4】



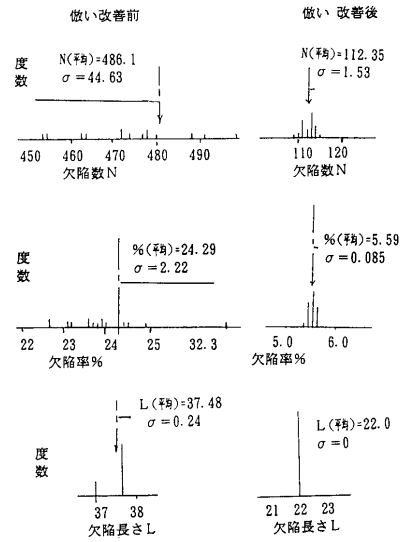
【図 5】



【図 6】

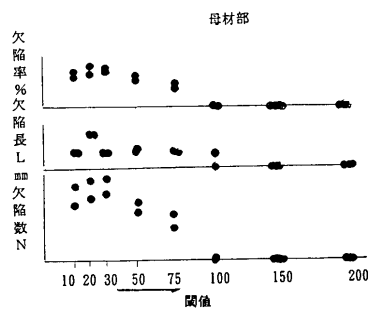


【図 7】

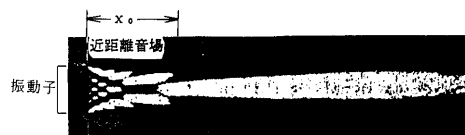


改善装置導入前後の測定精度向上の状況

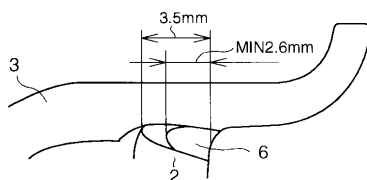
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 枝川 昌浩
東京都千代田区四番町5番地9 トピー工業株式会社内

審査官 横井 亜矢子

(56)参考文献 特開平07-083645(JP,A)
特開平07-035729(JP,A)
特開平09-079833(JP,A)
特開昭55-093058(JP,A)
特開昭52-011975(JP,A)
特開昭60-008744(JP,A)
実開昭55-022665(JP,U)
実開昭61-140963(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 29/00-29/52