

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6001478号
(P6001478)

(45) 発行日 平成28年10月5日(2016.10.5)

(24) 登録日 平成28年9月9日(2016.9.9)

(51) Int. Cl.			F I		
B 2 3 K	11/11	(2006.01)	B 2 3 K	11/11	5 4 0
C 2 2 C	38/00	(2006.01)	C 2 2 C	38/00	3 0 1 R
C 2 2 C	38/04	(2006.01)	C 2 2 C	38/00	3 0 2 A
C 2 2 C	38/58	(2006.01)	C 2 2 C	38/04	
			C 2 2 C	38/58	

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2013-56659 (P2013-56659)	(73) 特許権者	000001199
(22) 出願日	平成25年3月19日 (2013.3.19)		株式会社神戸製鋼所
(65) 公開番号	特開2014-180686 (P2014-180686A)		兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番4号
(43) 公開日	平成26年9月29日 (2014.9.29)	(74) 代理人	110001841
審査請求日	平成27年9月1日 (2015.9.1)		特許業務法人梶・須原特許事務所
		(74) 代理人	100146112
			弁理士 亀岡 誠司
		(74) 代理人	100167335
			弁理士 武仲 宏典
		(74) 代理人	100164998
			弁理士 坂谷 亨

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スポット溶接継手

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

板厚が t_1 および t_2 の2枚の鋼板を重ね合わせてスポット溶接した溶接継手であって

、
スポット溶接で形成されたナゲットの径が $3 \{ (t_1 + t_2) / 2 \}$ 以上 (ナゲットの径、 t_1 および t_2 の単位はすべてmm) であり、

板厚方向断面における、前記ナゲットの径方向両端部の曲率半径が $0.3 (t_1 + t_2)$ 以上である

ことを特徴とするスポット溶接継手。

【請求項2】

前記2枚の鋼板は、質量%で(以下、成分組成で同じ。)、

C : 0.01 ~ 0.80 %、

Si : 3 % 以下、

Mn : 0.2 ~ 1.0 %、

残部 Fe および不可避的不純物からなる成分組成を有するものである

請求項1に記載のスポット溶接継手。

【請求項3】

前記2枚の鋼板の成分組成が、さらに、

Cr : 0.01 ~ 1.50 %、

Mo : 0.01 ~ 1.50 %、

Ni : 0.01 ~ 1.50 %、
 Cu : 0.01 ~ 1.50 %、
 B : 0.0001 ~ 0.010 %よりなる群から選ばれる少なくとも1種
 を含むものである請求項2に記載のスポット溶接継手。

【請求項4】

前記2枚の鋼板の成分組成が、さらに、

Ti : 0.001 ~ 0.20 %、
 Nb : 0.001 ~ 0.20 %、
 V : 0.001 ~ 0.20 %よりなる群から選ばれる少なくとも1種
 を含むものである請求項2または3に記載のスポット溶接継手。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、スポット溶接継手に関し、詳しくは、2枚の薄鋼板を重ね合わせてスポット溶接した溶接継手に関する。

【背景技術】

【0002】

薄鋼板同士の接合には、抵抗スポット溶接が最も汎用的に活用されている。一方、自動車の薄鋼板の場合、軽量化と安全性の両立のため、高強度化が進んでおり、それを実現するために各種合金元素の添加が必要となっている。その結果、溶接性が劣化してきており、高強度鋼板においても、溶接継手の機械的特性（以下、単に「特性」ともいう。）を確保することが求められている。

20

【0003】

このため、スポット溶接継手の特性を向上すべく、種々の接合方法が提案されている。

【0004】

【従来技術1】

例えば、特許文献1には、電極による加圧力と通電パターンを制御することで、2枚、3枚重ねの金属板や、異種金属等の接合を可能にするスポット溶接方法が開示されている。しかしながら、この方法により溶接継手に形成されたナゲットの形状は、同文献の図8、図9に示すとおり、その径方向両端部の曲率半径が小さい通常の碁石状であり、十分な特性向上効果が期待できない。

30

【0005】

【従来技術2】

一方、特許文献2には、溶融後の凝固時に超音波衝撃による振動を加えることで、ナゲット端部の組織を微細化することにより、溶接継手の強度を向上させるスポット溶接方法が開示されている。しかしながら、この方法は、特殊な設備が必要であり、実際の適用が難しい。

【0006】

【従来技術3】

また、特許文献3には、通電時に電極と被溶接材料の接触部分周囲を圧子を用いて圧下しつつスポット溶接することで、ナゲット周りに形成されるコロナボンド部を拡大することにより溶接継手の強度を向上させる接合方法が開示されている。この方法では、電極周囲に配した圧子で圧下している領域をコロナボンド化するために、この領域を加熱する必要があるため、電極周囲に配した圧子については積極的な冷却を行っていない。そのため、この方法で形成された溶接継手では、同文献の図1、図5に示すように、コロナボンド部は拡大するが、ナゲットの形状は従来と同様、その径方向両端部の曲率半径が小さい碁石状である。したがって、電極周囲の外加圧部を積極的に冷却することで、溶接継手に形成されるナゲットの形状が、その径方向両端部の曲率半径が通常より大幅に大きい、ビルケース状であることを特徴とする本願発明とは、技術的思想を全く異にするものである。

40

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2010-240740号公報

【特許文献2】特開2011-194411号公報

【特許文献3】特開平7-178563号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、高強度鋼板同士をスポット溶接した溶接継手であっても、継手強度に優れるスポット溶接継手を提供することにある。

10

【課題を解決するための手段】

【0009】

請求項1に記載の発明は、

板厚が t_1 および t_2 の2枚の鋼板を重ね合わせてスポット溶接した溶接継手であって、

スポット溶接で形成されたナゲットの径が $3 \{ (t_1 + t_2) / 2 \}$ 以上（ナゲットの径、 t_1 および t_2 の単位はすべてmm）であり、

板厚方向断面における、前記ナゲットの径方向両端部の曲率半径が $0.3 (t_1 + t_2)$ 以上である

ことを特徴とするスポット溶接継手である。

20

【0010】

請求項2に記載の発明は、

前記2枚の鋼板は、質量%で（以下、成分組成で同じ。）、

C : 0.01 ~ 0.80 %、

Si : 3 % 以下、

Mn : 0.2 ~ 1.0 %、

残部 Fe および不可避免的不純物からなる成分組成を有するものである

請求項1に記載のスポット溶接継手である。

【0011】

請求項3に記載の発明は、

前記2枚の鋼板の成分組成が、さらに、

Cr : 0.01 ~ 1.50 %、

Mo : 0.01 ~ 1.50 %、

Ni : 0.01 ~ 1.50 %、

Cu : 0.01 ~ 1.50 %、

B : 0.0001 ~ 0.010 % よりなる群から選ばれる少なくとも1種を含むものである請求項2に記載のスポット溶接継手である。

30

【0012】

請求項4に記載の発明は、

Ti : 0.001 ~ 0.20 %、

Nb : 0.001 ~ 0.20 %、

V : 0.001 ~ 0.20 % よりなる群から選ばれる少なくとも1種

を含むものである請求項2または3に記載のスポット溶接継手である。

40

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、スポット溶接で形成されたナゲットの形状を、従来の碁石状でなく、ピルケース状（略円筒状）、具体的には、ナゲット径を $3 \{ (t_1 + t_2) / 2 \}$ 以上（ナゲット径、 t_1 および t_2 の単位はすべてmm）とするとともに、板厚方向断面における、ナゲット径方向両端部の曲率半径を $0.3 (t_1 + t_2)$ 以上とすることで、溶接継手部に引張荷重が掛かったときに、脆化しやすい領域やHAZ軟化部（HAZ：熱影響

50

部)の伸びる方向を、応力が最大化する 45° の方向からずらすことにより、高強度鋼板同士をスポット溶接した溶接継手であっても、継手強度に優れるスポット溶接継手を提供できるようになった。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】2枚の重ね合わせ鋼板からなるスポット溶接継手の概略構成を示す縦断面図である。

【図2】本発明のスポット溶接継手における破壊形態を模式的に説明するための縦断面図であり、(a)は継手にせん断引張荷重が掛かった状態、(b)はHAZと母材部との境界に割れ経路が発生する状態、(c)はナゲットとHAZとの境界に割れ経路が発生する状態をそれぞれ示す。

10

【図3】従来のスポット溶接継手における破壊形態を模式的に説明するための縦断面図であり、(a)は継手にせん断引張荷重が掛かった状態、(b)はHAZと母材部との境界に割れ経路が発生する状態、(c)はナゲットとHAZとの境界に割れ経路が発生する状態をそれぞれ示す。

【図4】実施例で使用した溶接チップ先端部の概略形状を示す部分縦断面図であり、(a)は比較例で使用したもの、(b)は発明例で使用したものである。

【図5】実施例で作製したスポット溶接継手の断面を示す写真であり、(a)は比較例、(b)は発明例である。

【発明を実施するための形態】

20

【0015】

本発明者らは、上記課題を解決するため、まず、せん断引張試験および十字引張試験における、従来の溶接継手部の破壊形態について調査を行った。例えば、図3に、従来の溶接継手せん断引張試験の場合を模式的に示すが、(a)に示すように、溶接継手部にせん断引張の荷重が掛かったとき、(b)および(c)に示すように、ナゲットの外周に沿って引張方向(すなわち接合面に沿う方向)に対して 45° の方向に破断する傾向がある。また、図示しないが、十字引張試験の場合にも、同様に、ナゲットの外周に沿って、引張方向(すなわち接合面に垂直な方向)に対して 45° の方向に破断する傾向がある。このように、従来の溶接継手部において、せん断引張試験、十字引張試験ともに、ナゲットの外周に沿って引張方向に対して 45° の方向に破断するのは、以下のメカニズムによると

30

想定される。

【0016】

すなわち、材料力学の技術常識として、材料の引張方向に対して 45° 方向に応力・ひずみが最大化することが知られている。また、従来の溶接継手ではナゲットの形状が碁石状になるため、その径方向両端部近傍のナゲット-HAZ境界部の脆化しやすい領域や、HAZ軟化部において、上記応力最大化方向である引張方向と 45° をなす方向に沿って伸びる部分が存在する。したがって、ナゲット-HAZ境界部やHAZ軟化部において、上記応力最大化方向に沿って割れが進展し、ボタン破断に至るため、このため継手強度の向上が困難であった。

【0017】

40

そこで、本発明者らは、溶接継手部における、ナゲットの形状やHAZ部の形状を、図2に示すように、従来の碁石状でなく、ピルケース状(略円筒状)とすれば、ナゲット-HAZ境界部やHAZ軟化部において、上記応力最大化方向に沿って伸びる部分が存在しなくなるため、割れの進展方向が上記応力最大化方向から大きくずれることになり、継手強度を向上できると考えた。

【0018】

なお、ナゲット径が小さい場合は、破断モードがボタン破断でなく、剥離破断となるため、ナゲットの形状に依存せず、ナゲット径のみによって継手強度が決定される。このため、ナゲット形状の変更による継手強度向上の効果を楽しむためには、ナゲット径は、十分に大きくする必要がある。

50

【0019】

上記思考研究に基づき、後記〔実施例〕にて説明する実証試験を行った結果、確証が得られたので、さらに検討を加え、本発明を完成するに至った。

【0020】

本発明に係るスポット溶接継手は、板厚が t_1 および t_2 の2枚の鋼板1, 2を重ね合わせてスポット溶接した溶接継手であって、スポット溶接で形成されたナゲット3の径 D_N が $3 \{ (t_1 + t_2) / 2 \}$ 以上（ナゲットの径、 t_1 および t_2 の単位はすべてmm）であり、板厚方向断面における、前記ナゲット3の径方向両端部の曲率半径 R_{NE} が $0.3 (t_1 + t_2)$ 以上であることを特徴とする（図1参照）。

【0021】

以下、本発明を規定する要件について詳細に説明する。

【0022】

〔ナゲット径 D_N : $3 \{ (t_1 + t_2) / 2 \}$ 以上（ナゲット径 D_N 、 t_1 および t_2 の単位はすべてmm）〕

ナゲット径 D_N は、ナゲットの大きさを規定するパラメータである。上述したように、ナゲットが小さいと剥離破断が発生するため、継手強度が確保できないし、ナゲット形状変更の効果が得られない。

剥離破断を防止して、ナゲット形状変更の効果を得るため、ナゲット径 D_N は、 $3 \{ (t_1 + t_2) / 2 \}$ 以上、好ましくは $3.5 \{ (t_1 + t_2) / 2 \}$ 以上、さらに好ましくは $4 \{ (t_1 + t_2) / 2 \}$ 以上とする。ここで、スポット溶接では継手強度をナゲット径で管理することが一般的に行われており、板厚 t （単位：mm）の薄鋼板同士の重ね合わせスポット溶接では、ナゲット径を $4 t$ 以上あるいは $5 t$ 以上とすることが要求されている。本発明における上記ナゲット径の規定は、これに倣って $a t$ 以上（ a ：定数）の形の式を採用し、板厚 t として平均板厚 $(t_1 + t_2) / 2$ を用い、所定の継手強度が確保できるように定数 a の値を定めたものである。

【0023】

〔板厚方向断面における、ナゲットの径方向両端部の曲率半径 R_{NE} : $0.3 (t_1 + t_2)$ 以上〕

板厚方向断面における、ナゲットの径方向両端部の曲率半径 R_{NE} は、ナゲット形状を規定するパラメータである。曲率半径 R_{NE} を大きくすることで（すなわち、ナゲットの断面形状を、その径方向両端部が尖っている碁石状から、その径方向両端部が中心部方向にひしゃげているピルケース状に変更することで）、ボタン破断時における亀裂の伝播方向を応力が最大化する 45° 方向からずらすことにより、破壊の進行を抑制し、継手強度を向上させることができる。

上記作用を有効に発揮させるためには、曲率半径 R_{NE} は、 $0.3 (t_1 + t_2)$ 以上、好ましくは $0.4 (t_1 + t_2)$ 以上、さらに好ましくは $0.5 (t_1 + t_2)$ 以上とする。

ここで、曲率半径 R_{NE} を $(t_1 + t_2)$ を含む不等式で規定することとしたのは、以下の理由による。すなわち、本発明に係るナゲットの形状は、上記曲率半径 R_{NE} とナゲット厚みとでほぼ特定できる。また、ナゲット厚みは、合計板厚 $(t_1 + t_2)$ の数10%程度のほぼ一定の比率を占めることが求められる。したがって、ナゲット形状特定のためには、上記曲率半径 R_{NE} は、合計板厚 $(t_1 + t_2)$ との比率で規定すればよいと考え、上記曲率半径 R_{NE} の規定には、 $b (t_1 + t_2)$ 以上（ b ：定数）の形の式を採用し、所定の継手強度が確保できるように定数 b の値を定めたものである。

【0024】

〔2枚の鋼板の板厚 t_1, t_2 〕

本発明に係る溶接継手は、薄鋼板の接合を対象としており、2枚の鋼板の板厚 t_1, t_2 は、同じでも、異なってもよいが、ともに $0.10 \sim 5.0$ mmの範囲、さらには、ともに $0.2 \sim 3.0$ mmの範囲とするのが推奨される。

【0025】

10

20

30

40

50

〔 2 枚の鋼板の成分組成等 〕

本発明の作用効果は、低強度の鋼板のスポット溶接継手に対しても発現するが、上述したように、継手強度劣化の問題は高強度鋼板のスポット溶接で顕著に現れることから、本発明は、特に高強度の鋼板に適用するのが推奨される。

すなわち、上記 2 枚の鋼板としては、質量%で（以下、成分組成で同じ。） $C : 0.01 \sim 0.80\%$ 、 $Si : 3\%$ 以下、 $Mn : 0.2 \sim 1.0\%$ 、残部 Fe および不可避的不純物からなる成分組成を有し、引張強度が $590 MPa$ 以上の高強度のものが推奨される。また、鋼板の種類としては、冷延鋼板、亜鉛めっき鋼板、合金化亜鉛めっき鋼板、アルミめっき鋼板等、表面処理の有無、相違を問わない。なお、2 枚の鋼板は、その成分組成については上記成分範囲内であれば、同一でも異なっていてはかまわないし、その種類についても同じでも異なっていてはかまわない。

10

【 0 0 2 6 】

$C : 0.01 \sim 0.80\%$

C は、母材および溶接継手の強度を確保するために重要な元素である。これらの強度を確保するためには、 C 含有量は 0.01% 以上とすることが好ましい。しかしながら、 C 含有量が過剰になると、溶融部（すなわち、ナゲット部）にブローホールやクラックが発生しやすくなって、強度（特に接合強度）を却って低下させることになる。このため、 C 含有量の上限は 0.80% とするのが好ましい。なお、 C 含有量のより好ましい下限は 0.03% であり、より好ましい上限は 0.40% である。

20

【 0 0 2 7 】

$Si : 3\%$ 以下

Si は、脱酸剤として機能し、溶接金属の強度確保と酸素低減に有効な元素である。こうした効果は、その含有量が増加するにつれて増大するが、 Si 含有量が過剰になると溶融めっき性が低下するので 3% 以下、さらには 2% 以下とするのが好ましい。

【 0 0 2 8 】

$Mn : 0.2 \sim 1.0\%$

Mn は、母材の強度を向上させるのに有効な元素である。こうした効果は、その含有量が増加するにつれて増大するが、 Mn 含有量が過剰になると、スポット溶接時にチリが発生しやすくなって、溶接作業性が劣化するので、 1.0% 以下、さらには 5% 以下とするのが好ましい。

30

【 0 0 2 9 】

上記基本成分の他は、 Fe および不可避不純物（ P 、 S 、 N 、 O 等）からなるものである。

【 0 0 3 0 】

また、上記 2 枚の鋼板には、必要に応じて、(i) $Cr : 0.01 \sim 1.50\%$ 、 $Mo : 0.01 \sim 1.50\%$ 、 $Ni : 0.01 \sim 1.50\%$ 、 $Cu : 0.01 \sim 1.50\%$ 、 $B : 0.0001 \sim 0.010\%$ よりなる群から選ばれる少なくとも 1 種、(ii) $Ti : 0.001 \sim 0.20\%$ 、 $Nb : 0.001 \sim 0.20\%$ 、 $V : 0.001 \sim 0.20\%$ よりなる群から選ばれる少なくとも 1 種；をさらに含有させてもよく、これらの含有成分の種類に応じて、溶接継手の特性がさらに改善される。

40

【 0 0 3 1 】

(i) $Cr : 0.01 \sim 1.50\%$ 、 $Mo : 0.01 \sim 1.50\%$ 、 $Ni : 0.01 \sim 1.50\%$ 、 $Cu : 0.01 \sim 1.50\%$ 、 $B : 0.0001 \sim 0.010\%$ よりなる群から選ばれる少なくとも 1 種

これらの元素は、溶接部の焼入れ性を高め、継手強度の向上に寄与する有用な元素である。

上記作用を有効に発揮させるためには、各元素とも下限値以上含有させるのが好ましい。ただし、過剰に含有させると、溶接部が脆化して継手強度が劣化するので、各元素とも上限値以下の含有とするのが好ましい。

【 0 0 3 2 】

50

(i i) Ti : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 2 0 % 、 Nb : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 2 0 % 、 V : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 2 0 % よりなる群から選ばれる少なくとも1種

これらの元素は、溶接部を析出強化することで、継手強度の向上に寄与する有用な元素である。

上記作用を有効に発揮させるためには、各元素とも下限値以上含有させるのが好ましい。ただし、過剰に含有させると、溶接部が脆化して継手強度が劣化するので、各元素とも上限値以下の含有とするのが好ましい。

【 0 0 3 3 】

つぎに、本発明に係る溶接継手の好ましい作製方法を説明する。

【 0 0 3 4 】

〔本発明に係る溶接継手の好ましい作製方法〕

従来のように、DR型や先端平滑型などの通常の電極チップ(図4(a)参照)を用い、鋼板の重ね合わせ部を一对の電極チップで挟み込んでスポット溶接を行う場合、ナゲット径を大きくするために溶接電流を高めていくと、抵抗発熱により加熱されて溶融した領域が2枚の鋼板の重ね合わせ面に沿って外方向に向かって広がりながらナゲットが形成されるため、板厚方向断面における、ナゲット径方向両端部の曲率半径が小さな、碁石状のナゲットが形成される。また、上記溶融領域を鋼板の重ね合わせ面から外方向に広げさせないようにしようとして、電極チップによる加圧力を高めると、電極チップの周りの2枚の鋼板の間が開いてしまい、その開いた隙間を通じて溶融物が外方向にはみ出すため、却って中チリの発生につながり、接手強度が劣化してしまう問題がある。したがって、従来の電極チップを用い、溶接電流や加圧力を制御する方法では、本発明で規定するナゲット径とナゲット径方向両端部の曲率半径の要件をともに満たす溶接継手を作製することは困難である。

【 0 0 3 5 】

そこで、本発明者らは、本発明で規定するナゲット径とナゲット径方向両端部の曲率半径の要件をともに満たす溶接継手を作製する手段について種々検討した結果、例えば、以下の手段により容易かつ確実に本発明に係る溶接継手を作製できることを見出した。

【 0 0 3 6 】

すなわち、電極チップを、チップ中心部とチップ外周部に分けて別体で構成し、チップ中心部は従来の電極チップと同様の銅系材料からなり、チップ外周部は高熱伝導性材料からなるものとし、さらに中心部と外周部の間に非電導性膜を介在させ、中心部と外周部とを独立して加圧力が調整できるように構成した電極チップ(本明細書では「外周部加圧型電極チップ」と呼ぶ。)を用いる(図4(b)参照)。そして、スポット溶接に際し、電流値と、中心部および外周部の加圧力とを独立して調整することで、本発明に係る溶接継手を作製できる。

【 0 0 3 7 】

つまり、チップ中心部に通電し、2枚の鋼板の接触面間で発熱させてナゲットを形成させる一方、チップ外周部には、非電導性膜でチップ中心部との間を絶縁することで、通電させず、かつ、熱伝導性の高い材料を鋼板に接触させて抜熱しながら適度な加圧力で挟みつける。

【 0 0 3 8 】

これにより、鋼板の合わせ面からの溶融物のはみ出しを防止することで中チリの発生を抑制して、十分に大きなナゲット径を確保するとともに、形成されたナゲットの周囲を冷却することで、2枚の鋼板の重ね合わせ面に沿う方向へのナゲットの優先的な成長を抑制し、板厚方向へのナゲットの成長を促すことになる。

【 0 0 3 9 】

この結果、ナゲットの形状が、従来の碁石状でなく、ナゲット径方向端部が中心部方向に押しつぶされたようなピルケース状になり、本発明で規定するナゲット径およびナゲット径方向両端部の曲率半径を満たす溶接継手が得られる。

【実施例】

10

20

30

40

50

【0040】

以下に実施例を挙げて本発明をより具体的に説明するが、本発明は下記実施例によって限定されるものではなく、前・後記の趣旨に適合しうる範囲で適宜変更して実施することも可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。

【0041】

スポット溶接で接合する2枚の鋼板として、表1に示す成分組成を有する、軟鋼、590MPa級鋼板、980MPa級鋼板、1470MPa級鋼板を用い、表2に示す鋼種および板厚の2枚の鋼板を種々組み合わせて重ね合わせスポット溶接を行った。

【0042】

溶接装置としては、単相交流式抵抗スポット溶接機(50Hz)を用い、図4に概略の断面形状を示す(a)通常のクロム銅合金製のDR型電極チップ、または、(b)外周加圧型電極チップのいずれかを取り付けたものを用いた。(b)の外周加圧型電極チップとしては、チップ中心部はクロム銅合金製とし、チップ外周部には熱伝導率の異なる種々の材料を用い、非導電性膜として、例えばAlN膜をチップ中心部に被覆することで、チップ外周部とを電氣的に絶縁し、チップ中心部とチップ外周部とを摺動可能にバネで締結したものを用いた。そして、このバネのバネ定数を変更することにより、チップ中心部とチップ外周部とによる加圧力の分配を自在に変更することができるように構成されている。

10

【0043】

通電時における加圧力および電流値は表2に示す条件とし、通電時間は10サイクル(0.2s;一定)としてスポット溶接を行った。

20

【0044】

試験結果を表3に示す。

【0045】

ここに、スポット溶接後の溶接接手について、ナゲットの平面視中心を通る板厚方向断面を切り出し、同断面の画像を撮影したものを画像解析することにより、ナゲット径と、ナゲット径方向両端部における曲率半径を測定した。

【0046】

なお、ナゲット径方向両端部における曲率半径については、具体的には以下のようにして求めた。すなわち、ナゲット径方向の両端部のそれぞれについて、2枚の鋼板1,2の界面とナゲット外周との交点と、2枚の鋼板1,2の界面から鋼板1の板厚方向に $t_1/4$ 、鋼板2の板厚方向に $t_2/4$ それぞれ離れた2つの面とナゲット外周との交点の合計3つの交点を通過する円を描き、その円の半径をナゲット径方向の片端部における曲率半径と定義する。このようにして、ナゲット径方向の両端部のそれぞれについて求めた2つの曲率半径を算術平均し、これをナゲット径方向両端部における曲率半径とした。

30

【0047】

また、上記と同一条件で作製した溶接接手について、別途、せん断引張試験を実施し、破断時の継手強度を測定した。

【0048】

継手強度は、ナゲット径、ナゲット径端部の曲率半径だけでなく、母材の鋼板強度、板厚等にも大きく影響を受けるため、その絶対値で発明の効果を評価することが難しい。

40

【0049】

そこで、本実施例では、母材の鋼種、板厚、溶接条件(全加圧力、溶接電流)が同等で、電極チップとして、従来のDR型のものを用いたときの継手強度を基準とし、電極チップの形式、および、中心部加圧力と外周部加圧力との比率のみを変更して、ナゲット形状を変化させ、その結果得られた継手強度が前記基準に対して15%以上高い値を示した場合を、優れた継手強度を有する溶接継手が得られたとして合格(○)と判定し、15%に満たない場合を不合格(×)と判定した。さらに、前記基準に対して20%以上高い値を示した場合には、より優れた継手強度を有する溶接継手が得られたとして○で表示し、前記基準に対して25%以上高い値を示した場合には、特に優れた継手強度が得られたとして○で表示して区別した。

50

【 0 0 5 0 】

【 表 1 】

鋼種 番号	成分 (mass%, B のみ ppm)、残部 Fe および不可避的不純物						TS (MPa)	備考
	C	Si	Mn	Cr	Ti	B		
A	0.03	0.05	0.40	-	-	-	294	軟鋼
B	0.08	0.50	1.50	-	-	-	610	590MPa 級鋼板
C	0.15	1.50	2.00	-	-	-	1025	980MPa 級鋼板
D	0.22	0.20	1.20	0.20	0.03	10	1533	1500MPa 級鋼板

(- : 無添加)

10

【 0 0 5 1 】

【 表 2 】

試験 No.	鋼板の種類				溶接条件						
	鋼板 1		鋼板 2		電極チップ			全 加圧力 (N)	中心部 加圧力 (N)	外周部 加圧力 (N)	溶接 電流 (kA)
	鋼種 番号	板厚 t1 (mm)	鋼種 番号	板厚 t2 (mm)	形式	外周部	熱伝導率 (W/mK)				
1-1	A	1.2	A	1.2	通常	-	-	3000	3000	-	8
1-2	A	1.2	A	1.2	外周加圧	加ム銅	323	3000	2500	500	8
2-1	B	1.2	B	1.2	通常	-	-	3000	3000	-	8
2-2	B	1.2	B	1.2	外周加圧	加ム銅	323	3000	2500	500	8
3-1	C	1.2	C	1.2	通常	-	-	3000	3000	-	5
3-2	C	1.2	C	1.2	外周加圧	加ム銅	323	3000	2500	500	5
4-1	C	1.2	C	1.2	通常	-	-	3000	3000	-	6
4-2	C	1.2	C	1.2	外周加圧	加ム銅	323	3000	2500	500	6
5-1	C	1.2	C	1.2	通常	-	-	3000	3000	-	8
5-2	C	1.2	C	1.2	外周加圧	加ム銅	323	3000	2500	500	8
5-3	C	1.2	C	1.2	外周加圧	鉄	80	3000	2500	500	8
5-4	C	1.2	C	1.2	外周加圧	窒化チ素	25	3000	2500	500	8
5-5	C	1.2	C	1.2	外周加圧	ジルコニア	3	3000	2500	500	8
5-6	C	1.2	C	1.2	外周加圧	アルミ	32	3000	2500	500	8
6-1	D	1.2	D	1.2	通常	-	-	3000	3000	-	8
6-2	D	1.2	D	1.2	外周加圧	加ム銅	323	3000	2500	500	8
7-1	A	1.0	C	1.6	通常	-	-	3000	3000	-	8
7-2	A	1.0	C	1.6	外周加圧	加ム銅	323	3000	2500	500	8
8-1	B	1.0	D	1.6	通常	-	-	3000	3000	-	8
8-2	B	1.0	D	1.6	外周加圧	加ム銅	323	3000	2500	500	8

20

30

【 0 0 5 2 】

【表 3】

試験 No.	溶接継手				継手強度		評価
	ナゲット径		ナゲット径方向両端部の 曲率半径		絶対 値 (kN)	向上 効果 (%)	
	D_N (mm)	$D_N / \sqrt{\{(t1+t2)/2\}}$	R_{NE} (mm)	$R_{NE} / (t1+t2)$			
1-1	5.69	5.19	6.7	0.20	6.7	0	×
1-2	5.83	5.32	9.5	0.61	9.5	42	◎◎
2-1	5.96	5.44	8.7	0.23	8.7	0	×
2-2	5.86	5.35	11.6	0.55	11.6	32	◎◎
3-1	3.17	2.89	10.5	0.19	10.5	0	×
3-2	3.10	2.83	11.1	0.40	11.1	5	×
4-1	4.16	3.80	11.5	0.20	11.5	0	×
4-2	4.21	3.84	14.4	0.45	14.4	15	○
5-1	6.16	5.21	12.5	0.25	12.5	0	×
5-2	6.30	5.32	16.7	0.57	16.7	34	◎◎
5-3	5.93	5.41	15.3	0.41	15.3	23	◎
5-4	5.97	5.45	13.6	0.23	13.6	9	×
5-5	5.52	5.04	13.2	0.20	13.2	5	×
5-6	5.75	5.25	13.5	0.25	13.5	8	×
6-1	5.95	5.43	18.9	0.20	18.9	0	×
6-2	5.55	5.07	25.1	0.55	25.1	33	◎◎
7-1	5.89	5.17	7.3	0.20	7.3	0	×
7-2	5.95	5.22	10.4	0.52	10.4	42	◎◎
8-1	5.78	5.07	10.6	0.19	10.6	0	×
8-2	5.91	5.18	14.2	0.70	14.2	34	◎◎

(網掛け：本発明の範囲外)

【0053】

表3において、試験No. 1-2、2-2、4-2、5-2、5-3、6-2、7-2、7-3の溶接継手は、本発明の要件を全て満たす発明例である。いずれの発明例の溶接継手も、継手強度は、基準より15%以上高くなっており、継手強度が大幅に改善されていることがわかる。

【0054】

これに対して、試験No. 1-1、2-1、3-1、4-1、5-1、6-1、7-1、8-1の溶接継手は、通常のDR型電極チップを用いて作製した基準となる溶接継手(比較例)であり、溶接条件によっては、ナゲット径は本発明の規定を満たす場合があるものの、ナゲット径方向両端部の曲率半径は本発明の規定を満たさず、十分に高い継手強度が得られていない。

【0055】

また、試験No. 3-2、5-4～5-6の溶接継手は、外周加圧式の電極チップを用いて作製したものであるが、本発明の要件のいずれかを満たさない比較例である。これらの比較例の溶接継手の継手強度は、基準の溶接継手の継手強度からの向上効果が15%に満たず、改善効果が不足していることがわかる。

【0056】

例えば、試験No. 3-2の溶接継手は、外周加圧式の電極チップを採用したことで、ナゲット径方向両端部の曲率半径は本発明の規定を満たすものの、溶接電流が低すぎたため、ナゲット径が十分に大きくなり、十分な継手強度の向上効果が得られていない。

【0057】

また、試験No. 5-4～5-6の溶接継手は、外周加圧式の電極チップを採用し、十

10

20

30

40

50

分に高い溶接電流で接合したことで、ナゲット径は本発明の規定を満たすものの、電極チップの外周部に熱伝導性の低い材料を用いたことで、冷却作用が不足したため、ナゲット径方向両端部の曲率半径は十分に大きくなり、やはり十分な継手強度の向上効果が得られていない。

【0058】

参考として、図5に、(a)比較例(試験No. 5-1)と(b)発明例(試験No. 5-2)の溶接継手の断面の様子を比較して示す。この図に示すように、従来の電極チップで作製した溶接継手のナゲットは、十分な大きさのナゲット径が得られているものの、ナゲット径方向両端部の曲率半径が小さく、碇石状である。これに対し、外周加压型電極チップで作製した溶接継手のナゲットは、ナゲット径は従来のものと同じ大きさ

10

【0059】

以上の結果より明らかなように、本発明を適用することで、高強度鋼板同士をスポット溶接した溶接継手であっても、継手強度に優れるスポット溶接継手を提供できることが確認された。

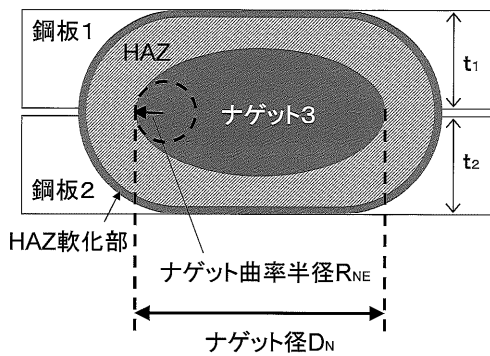
【符号の説明】

【0060】

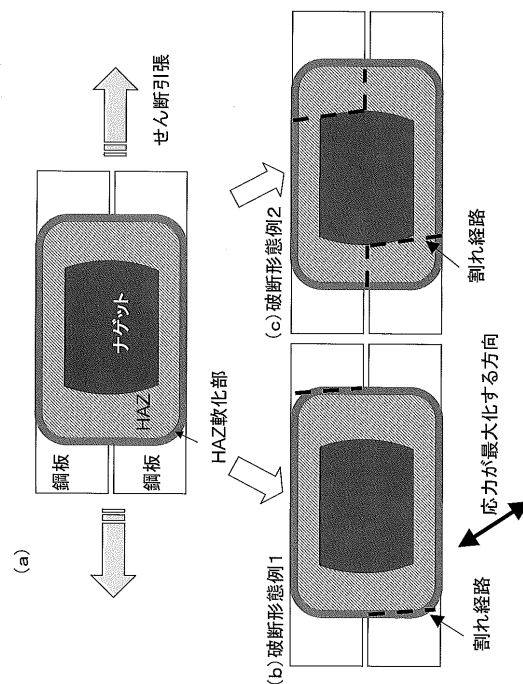
- 1, 2 ... 鋼板
- 3 ... ナゲット

20

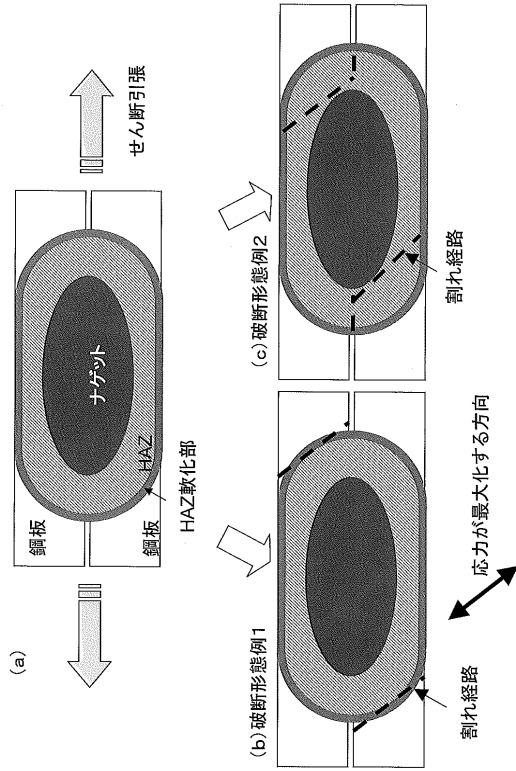
【図1】



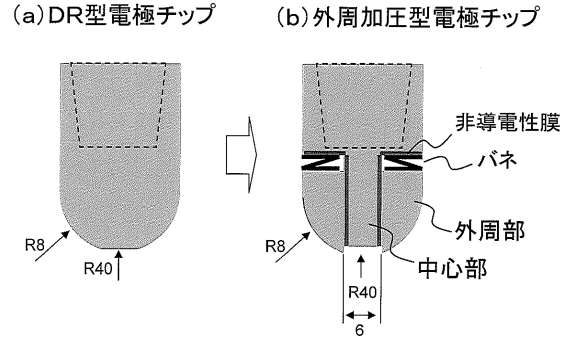
【図2】



【 図 3 】

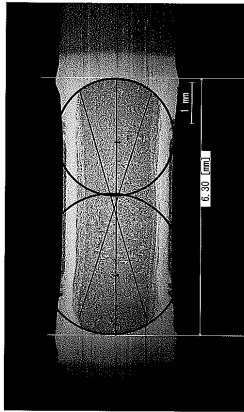


【 図 4 】

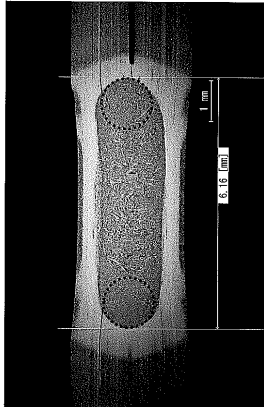


【 図 5 】

(b) 発明例
(試験No.5-2)



(a) 比較例
(試験No.5-1)



フロントページの続き

(72)発明者 村上 俊夫

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所内

審査官 岩瀬 昌治

(56)参考文献 米国特許第4831228(US, A)

米国特許第3689731(US, A)

米国特許出願公開第2011/0073572(US, A1)

米国特許第2001688(US, A)

特表2012-502801(JP, A)

米国特許出願公開第2005/0029234(US, A1)

米国特許第2109461(US, A)

独国特許発明第4039270(DE, C1)

独国特許出願公開第4323148(DE, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B23K 11/11

C22C 38/00

C22C 38/04

C22C 38/58