

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-78024

(P2016-78024A)

(43) 公開日 平成28年5月16日(2016.5.16)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
B 2 3 K 26/064 (2014.01)	B 2 3 K 26/064	A 4 E 1 6 8
B 2 3 K 26/00 (2014.01)	B 2 3 K 26/00	N
B 2 3 K 26/382 (2014.01)	B 2 3 K 26/382	

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2014-208544 (P2014-208544)	(71) 出願人	390014672
(22) 出願日	平成26年10月10日 (2014.10.10)		株式会社アマダホールディングス
			神奈川県伊勢原市石田200番地
		(74) 代理人	100083806
			弁理士 三好 秀和
		(74) 代理人	100100712
			弁理士 岩▲崎▼ 幸邦
		(74) 代理人	100101247
			弁理士 高橋 俊一
		(74) 代理人	100095500
			弁理士 伊藤 正和
		(74) 代理人	100098327
			弁理士 高松 俊雄

最終頁に続く

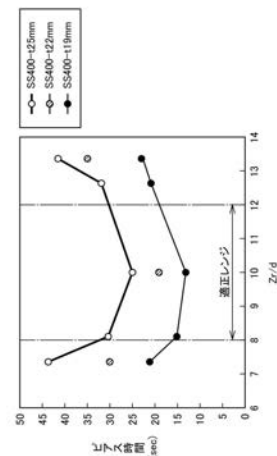
(54) 【発明の名称】 ピアス加工方法及びレーザ加工機

(57) 【要約】

【課題】厚板のピアス加工を短時間で行うことのできるピアス加工方法及びレーザ加工機を提供する。

【解決手段】波長が1 μm帯のレーザ光によって金属材料にピアス加工を行う加工方法であって、レーザ光の集光径をd、レーザ光の長をZrとすると、 $8 \leq Zr/d \leq 12$ の範囲に保持してピアス加工を行う。この際、レーザ光の焦点位置を、ワークの表面又はワークの外部に設定してある。そして、レーザ光のビームプロファイルは、シングルモードのレーザ光を、ビーム品質可変装置によって山高帽子状に変換してある。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

波長が $1\ \mu\text{m}$ 帯のレーザ光によって金属材料にピアス加工を行う加工方法であって、レーザ光の集光径を d 、レーザ長を Z_r とするとき、 $8 \leq Z_r / d \leq 12$ の範囲に保持してピアス加工を行うことを特徴とするピアス加工方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のピアス加工方法において、前記集光径 d とレーザ長 Z_r との比 Z_r / d は、 $9 \leq Z_r / d \leq 11$ であることを特徴とするピアス加工方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のピアス加工方法において、 Z_r / d は、 $Z_r / d \geq 10$ であることを特徴とするピアス加工方法。 10

【請求項 4】

請求項 1, 2 又は 3 に記載のピアス加工方法において、レーザ光の焦点位置を、ワークの表面又はワークの外部に設定してあることを特徴とするピアス加工方法。

【請求項 5】

請求項 1～4 のいずれかに記載のピアス加工方法において、前記レーザ光のビームプロファイルは、光強度の高い径がワーク上面からワーク下面にかけてほぼ一定であり、かつワーク下面付近においては山高帽状を呈するモードであることを特徴とするピアス加工方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載のピアス加工方法において、レーザ光のビームプロファイルは、シングルモードのレーザ光を、ビーム品質可変装置によって山高帽子状に変換してあることを特徴とするピアス加工方法。 20

【請求項 7】

波長が $1\ \mu\text{m}$ 帯のレーザ光によって金属材料にピアス加工を行うレーザ加工機であって、波長が $1\ \mu\text{m}$ 帯のレーザ光を発振するファイバーレーザ発振器と、金属材料にピアス加工を行うレーザ加工ヘッドに接続したプロセスファイバーと、前記ファイバーレーザ発振器から発振されたレーザ光を前記プロセスファイバーへ伝送するビーム品質可変装置と、前記レーザ加工ヘッドから金属材料へ照射されるレーザ光の集光径 d とレーザ長 Z_r との関係が $8 \leq Z_r / d \leq 12$ の範囲に保持されるように前記ビーム品質可変装置を制御する制御装置と、を備えていることを特徴とするレーザ加工機。 30

【請求項 8】

波長が $1\ \mu\text{m}$ 帯のレーザ光によって金属材料にピアス加工を行う加工方法であって、前記レーザ光のビームプロファイルは、光強度の高い径がワーク上面からワーク下面にかけてほぼ一定であり、かつワーク下面付近においては山高帽状を呈し、ピアス穴の内側で溶解した金属をアシストガス圧でもって排出するモードであることを特徴とするピアス加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば固体レーザやファイバーレーザなどの波長が $1\ \mu\text{m}$ 帯のレーザ光によって板金属材料のレーザ切断加工を行う際に、ピアス加工を行うピアス加工方法及びレーザ加工機に係り、さらに詳細には、軟鋼板の厚板のピアス加工を短時間で行うことのできるピアス加工方法及びレーザ加工機に関する。 40

【背景技術】

【0002】

軟鋼板などの板状のワークのレーザ切断加工を行う場合、上記ワークにピアス加工を行い、このピアス加工位置からワークのレーザ切断加工が開始されている。上記ピアス加工は、ワークが薄板の場合にはほぼ瞬時的（数 $100\ \text{msec}$ ）に行われるので、ピアス加工が複数回繰り返されるレーザ切断加工であっても、さほど問題になるようなことはない。 50

しかし、ワークが厚板になると、ピアス加工に時間を要することになる。例えば、板厚 19 mm の軟鋼板を、4 kW 炭配ガスレーザー発振器を用いてピアス加工を行うと、ピアス加工時間に約 20 秒程要するものである。したがって、ワークのレーザー切断加工を行う場合、前記ピアス加工時間を短縮することが望まれている。なお、本発明に関係すると思われる文献として、特許文献 1 がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 4925616 号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

前記特許文献 1 に記載のピアス加工方法は、ピアス加工の初期に、アシストガスとして窒素ガスを使用し、かつ高出力でもってピアス加工を行い、その後、アシストガスとして酸素ガスを使用し、かつ低出力でもってピアス加工を行うものである。したがって、ピアス加工初期には、ピアス加工穴に窒化層が形成されて酸化反応が抑制されることとなる。よって、レーザー出力を大きくした場合であっても過剰な燃焼を防止でき、ピアス加工をより短時間で行うことができることになる。

【0005】

しかし、ファイバーレーザー発振器を搭載したレーザー加工機においては、前記特許文献 1 に記載のピアス加工方法を実施しても、ピアス加工時間を大幅に短縮することはできなかった。すなわち、ファイバーレーザー発振器を備えたレーザー加工機においては、ワークとしての軟鋼板のレーザー切断加工を適正に行うために、レーザー加工ヘッドの集光レンズにアキシコンレンズを使用する場合がある。このアキシコンレンズは、入射されたレーザー光を、リング状のビームに形成するので、ワークのピアス加工時には、レーザービームのエネルギーがワークに効果的に作用できていない可能性がある。

20

【0006】

ところで、レーザー加工ヘッドに、集光レンズを備えた構成において、厚板のレーザー切断加工を行うに当り、ピアス加工を行うには、集光レンズによるレーザー光の集光径 d とレーリ長 Z_r との比 Z_r/d を所定範囲に設定すると、厚板のピアス加工を能率よく行い得ることを見出した。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、前述のごとき問題に鑑みてなされたもので、波長が $1\ \mu\text{m}$ 帯のレーザー光によって金属材料にピアス加工を行う加工方法であって、レーザー光の集光径を d 、レーリ長を Z_r とするとき、 $8 \leq Z_r/d \leq 12$ の範囲に保持してピアス加工を行うことを特徴とするものである。

【0008】

また、前記ピアス加工方法において、前記集光径 d とレーリ長 Z_r との比 Z_r/d は、 $9 \leq Z_r/d \leq 11$ であることを特徴とするものである。

40

【0009】

また、前記ピアス加工方法において、 Z_r/d は、 $Z_r/d \geq 10$ であることを特徴とするものである。

【0010】

また、前記ピアス加工方法において、レーザー光の焦点位置を、ワークの表面又はワークの外部に設定してあることを特徴とするものである。

【0011】

また、前記ピアス加工方法において、レーザー光のビームプロファイルは山高帽子状であることを特徴とするものである。

【0012】

50

また、前記ピアス加工方法において、レーザ光のビームプロファイルは、光強度の高い径がワーク上面からワーク下面にかけてほぼ一定であり、かつワーク下面付近においては山高帽状を呈するモードであることを特徴とするものである。

【0013】

また、波長が $1\mu\text{m}$ 帯のレーザ光によって金属材料にピアス加工を行うレーザ加工機であって、波長が $1\mu\text{m}$ 帯のレーザ光を発振するファイバーレーザ発振器と、金属材料にピアス加工を行うレーザ加工ヘッドに接続したプロセスファイバーと、前記ファイバーレーザ発振器から発振されたレーザ光を前記プロセスファイバーへ伝送するビーム品質可変装置と、前記レーザ加工ヘッドから金属材料へ照射されるレーザ光の集光径 d とレーリー長 Z_r との関係が $8 \leq Z_r / d \leq 12$ の範囲に保持されるように前記ビーム品質可変装置を制御する制御装置と、を備えていることを特徴とするものである。

10

【0014】

また、波長が $1\mu\text{m}$ 帯のレーザ光によって金属材料にピアス加工を行う加工方法であって、前記レーザ光のビームプロファイルは、光強度の高い径がワーク上面からワーク下面にかけてほぼ一定であり、かつワーク下面付近においては山高帽状を呈し、ピアス穴の内側で溶解した金属をアシストガス圧でもって排出するモードであることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、レーザ光の集光径 d とレーリー長 Z_r との比を適正の範囲に設定してピアス加工を行うものであるから、厚板のピアス加工をも能率よく行うことができるものである。

20

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の実施形態に係るレーザ加工機（レーザ加工システム）の全体的構成を概念的、概略的に示した構成説明図である。

【図2】厚板のピアス加工を行う場合のビームプロファイルを示す説明図である。

【図3】厚板のピアス加工時間と Z_r / d の値との関係を示した試験結果のグラフである。

。

【発明を実施するための形態】

30

【0017】

図1に概念的、概略的に示すように、本発明の実施形態に係るレーザ加工機（レーザ加工システム）1は、レーザ発振器3と加工機本体5とを備えている。上記レーザ発振器3は、波長が $1\mu\text{m}$ 帯のレーザ光を発振するファイバーレーザ発振器等のごときレーザ発振器である。なお、前記レーザ発振器3は、波長が $1\mu\text{m}$ 未満の種光をもつ半導体レーザ光をダイレクトダイオードレーザとすることも可能である。前記加工機本体5は、例えばワークテーブル7上に載置された軟鋼板などのごとき厚板状のワークWに対してX、Y、Z軸方向へ相対的に移動位置決め自在なレーザ加工ヘッド9を備えている。このレーザ加工ヘッド9には、集光レンズ（図示省略）が備えられている。なお、前記レーザ発振器3及び加工機本体5は、既に知られている構成であってよいものであるから、レーザ発振器3及び加工機本体5の構成の詳細についての説明は省略する。

40

【0018】

前記レーザ発振器3と前記レーザ加工ヘッド9は、プロセスファイバー11を介して光学的に接続してある。そして、このプロセスファイバー11にはビーム品質可変装置13が介設してある。このビーム品質可変装置13は、例えば、WO2013/086227A1、特開2012-24782号公報等に記載されているように、既に公知であるから、ビーム品質可変装置13の構成についての詳細な説明は省略する。この種のビーム品質可変装置13は、レーザ発振器3から発振されたレーザ光を、ガウシアン型のシングルモードから例えば山高帽状（トップハット型）のマルチモードに変換可能なものである。

【0019】

50

前記レーザ加工機 1 は、例えば NC 装置などのごとき制御装置 15 を備えている。この制御装置 15 はコンピュータから構成してあって、前記レーザ発振器 3 の出力及び前記加工機本体 5 に備えられた前記レーザ加工ヘッド 9 の動作を制御する機能を有する。さらに、前記制御装置 15 は、前記レーザ発振器 3 から発振されたレーザ光を、所望のマルチモードのビームモードに変換すべく、前記ビーム品質可変装置 13 を制御する機能を有するものである。

【0020】

上記構成により、制御装置 15 の制御の下にレーザ発振器 3 の出力を制御すると共にレーザ加工ヘッド 9 の動作を制御することにより、ワークテーブル 7 上のワーク W に対してレーザ加工を行うことができるものである。この際、制御装置 15 の制御の下にビーム品質可変装置 13 を制御することにより、前記レーザ発振器 3 から発振されたレーザ光のビームプロファイル（ビームモード）を、シングルモード（ガウシアン型）からマルチモード（トップハット型又はリング型）に変換してプロセスファイバー 11 に伝送することができるものである。したがって、レーザ加工ヘッド 9 に備えた集光レンズは、マルチモードのレーザ光を集光してワーク W に照射することになる。

【0021】

ところで、レーザ加工ヘッド 9 に集光レンズとしてアキシコンレンズを備えた別の構成においては、焦点位置を経たレーザビームはリングモードに変換されるものである。このリングモードは、板状のワーク（軟鋼板）のレーザ切断加工に適するものの、厚板のレーザ切断加工を開始するためのピას加工時には時間を要し、ピას加工を繰り返すレーザ切断加工においては、ピას加工をより短時間で行うことが望まれていた。

【0022】

レーザ加工におけるピას加工は、従来は、レーザ光が集光された焦点位置をワークの上面（表面）又はその近傍に設定し、一気に加熱、溶融、除去することが行われている。集光レンズとしてアキシコンレンズを備えた前記レーザ加工ヘッド 9 を用いて厚板のピას加工を行う場合、焦点位置の下方位置においてはレーザ光がリングモードに拡大するので、レーザ光がピას加工に効果的に作用せず、ピას加工時間が長くなるものであった。

【0023】

そこで、前記ビーム品質可変装置 13 によってレーザ光のビームモードを種々変換すると共に、ワーク表面（上面）に対する焦点位置を種々変更して厚板のピას加工を行った。ところで、ワークにピას加工を行う場合、溶融金属をアシストガスによって除去しつつ穴加工を行うものである。ここで、集光径 d が小さい場合、ピას加工の穴内で発生した溶融金属が小さな上部穴から排出することが難しくなる。また、集光径 d が大きい場合には、ワーク W に照射されるエネルギー密度が低下し、溶融能力が低下すると共に、アシストガスによって除去する溶融金属の量が多くなる。さらに、集光したレーザビームのレーリー長 Z_r が短い場合には、ピას加工が進行し穴が深くなると、レーザ光が拡がり、エネルギー密度が低下して、溶融能力が低下することになる。

【0024】

そこで、前記ビーム品質可変装置 13 を使用してレーザ光のモード（プロファイル）を変換すると、集光径 d とレーリー長 Z_r とを連続的に調節することが可能である。したがって、前記集光径 d とレーリー長 Z_r との関係と厚板（軟鋼板、 $t = 19\text{ mm}$, 22 mm , 25 mm ）のピას加工時間との良好な関係を見出すために種々の試験を行ったところ、前記集光径 d とレーリー長 Z_r との比 Z_r / d が所定の範囲にあるときに、厚板のピას加工時間が短くなることを見出した。

【0025】

すなわち、図 2 に示すように、レーザ光の焦点位置をワークの表面又はワークの外部に設定し、レーザビームのビーム品質を変更して厚板のピას加工を行った。そして、上記ビーム品質の変更に伴う集光径 d とレーリー長 Z_r とを調べ、レーリー長 $Z_r /$ 集光径 d を調べた。図 2 (A) のビームプロファイルにおいては集光径 $d = 0.148\text{ mm}$ 、レー

リー長 $Z_r = 1.98 \text{ mm}$ で $Z_r/d = 1.3$ である。図 2 (B) の場合、 $d = 0.185 \text{ mm}$ 、 $Z_r = 2.34 \text{ mm}$ で、 $Z_r/d = 12.6$ 、図 2 (C) の場合、 $d = 0.253 \text{ mm}$ 、 $Z_r = 2.54 \text{ mm}$ で、 $Z_r/d = 10$ 、図 2 (D) の場合、 $d = 0.307 \text{ mm}$ 、 $Z_r = 2.49 \text{ mm}$ で、 $Z_r/d = 8.1$ である。そして、図 2 (E) の場合、 $d = 0.328 \text{ mm}$ 、 $Z_r = 2.42 \text{ mm}$ で、 $Z_r/d = 7.4$ である。

【0026】

そして、図 2 (A) ~ 図 2 (E) に示したビームプロファイルでもって厚板のピアス加工を行ったピアス時間と Z_r/d との関係は、図 3 に示すとおりであった。図 3 から明らかなように、 Z_r/d の範囲は、 $8 \leq Z_r/d \leq 12$ の範囲が望ましいものである。ここで、 $Z_r/d = 10$ は図 2 (C) に示されるビームプロファイルである。このビームプロファイルは、ピアス加工時間が最小となり、最も好ましいものである。そして、このビームプロファイルは、ワーク W を貫通した位置付近においては、いわゆる山高帽子状（トップハット型）であった。つまり、ワーク上面から下面にかけて光強度の高い径がほぼ一定であり、かつワーク下面においてはガウシアン型でもリング型でもない山高帽状（トップハット型）を呈するものであるから、ピアス穴の内側で溶解した金属をアシストガス圧で以って排出しやすいビームプロファイルとなっている。

10

【0027】

そして、図 3 から明らかなように、次に好ましい範囲としては、 $9 \leq Z_r/d \leq 11$ の範囲である。すなわち、ピアス加工時間は、 $Z_r/d = 10$ の場合に比較して多少長くなるものの、許容範囲内の時間である。

20

【0028】

図 2、図 3 から明らかなように、 $Z_r/d < 8$ になる領域は、図 2 (E) であって、ビーム径が次第に大きくなるものであるから、レーザ光の広がり角度が大きく、厚板を貫通する深い位置付近においてのエネルギー密度が小さくなる傾向にある。また、 $Z_r/d > 12$ は、図 2 (B)、(A) であって、ビーム径が小さなものである。この場合、レーザビームの広がり角が小さく、厚板のピアス加工を行う深い位置でのビーム径が小さく、深い位置で溶融した金属の排除が難しくなるものである。よって、 Z_r/d は、 $8 \leq Z_r/d \leq 12$ の範囲が望ましいものである。

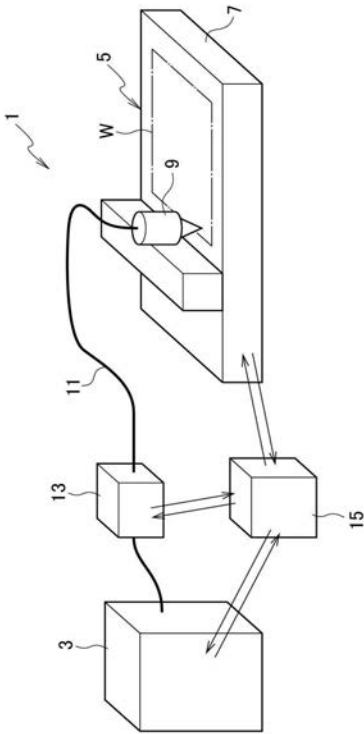
【符号の説明】

【0029】

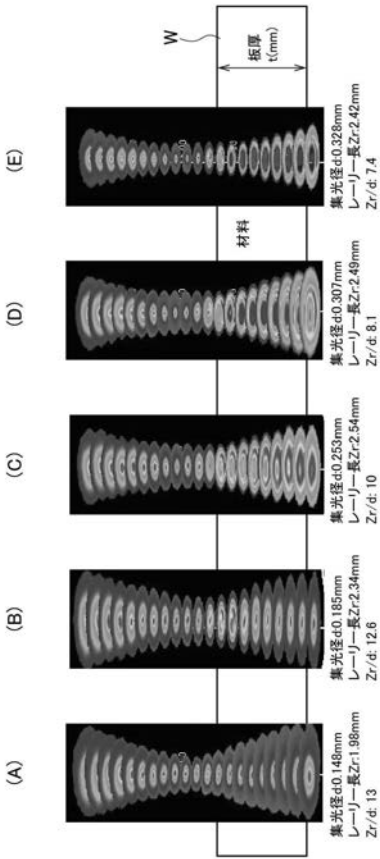
30

- 1 レーザ加工機（レーザ加工システム）
- 3 レーザ発振器
- 5 加工機本体
- 7 ワークテーブル
- 9 レーザ加工ヘッド
- 11 プロセスファイバー
- 13 ビーム品質可変装置

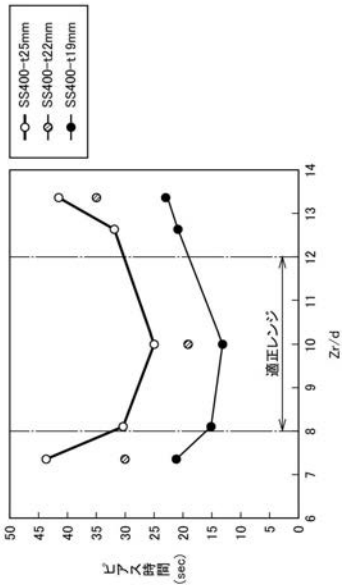
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【手続補正書】

【提出日】平成27年12月2日(2015.12.2)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

波長が $1\ \mu\text{m}$ 帯のレーザ光によって金属材料にピアス加工を行う加工方法であって、レーザ光の集光径を d 、レーザ長を Z_r とするとき、 $8 \leq Z_r / d \leq 12$ の範囲に保持してピアス加工を行うことを特徴とするピアス加工方法。

【請求項2】

請求項1に記載のピアス加工方法において、前記集光径 d とレーザ長 Z_r との比 Z_r / d は、 $9 \leq Z_r / d \leq 11$ であることを特徴とするピアス加工方法。

【請求項3】

請求項2に記載のピアス加工方法において、 Z_r / d は、 $Z_r / d \geq 10$ であることを特徴とするピアス加工方法。

【請求項4】

請求項1、2又は3に記載のピアス加工方法において、レーザ光の焦点位置を、ワークの表面又はワークの外部に設定してあることを特徴とするピアス加工方法。

【請求項5】

請求項1～4のいずれかに記載のピアス加工方法において、前記レーザ光のビームプロファイルは、光強度の高い径がワーク上面からワーク下面にかけてほぼ一定であり、かつワーク下面付近においては山高帽状を呈するモードであることを特徴とするピアス加工方法。

【請求項6】

請求項5に記載のピアス加工方法において、レーザ光のビームプロファイルは、シングルモードのレーザ光を、ビーム品質可変装置によって山高帽子状に変換してあることを特徴とするピアス加工方法。

【請求項7】

波長が $1\ \mu\text{m}$ 帯のレーザ光によって金属材料にピアス加工を行うレーザ加工機であって、波長が $1\ \mu\text{m}$ 帯のレーザ光を発振するファイバーレーザ発振器と、金属材料にピアス加工を行うレーザ加工ヘッドに接続したプロセスファイバーと、前記ファイバーレーザ発振器から発振されたレーザ光を前記プロセスファイバーへ伝送するビーム品質可変装置と、前記レーザ加工ヘッドから金属材料へ照射されるレーザ光の集光径 d とレーザ長 Z_r との関係が $8 \leq Z_r / d \leq 12$ の範囲に保持されるように前記ビーム品質可変装置を制御する制御装置と、を備えていることを特徴とするレーザ加工機。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】削除

【補正の内容】

フロントページの続き

(72)発明者 李 若涛

神奈川県伊勢原市石田 2 0 0 番地 株式会社アマダ内

(72)発明者 石黒 宏明

神奈川県伊勢原市石田 2 0 0 番地 株式会社アマダ内

Fターム(参考) 4E168 AD07 AD13 CB03 CB08 CB11 DA02 DA26 DA28 DA32 DA38
JA02