TIGアーク溶接法

（カレッジテキスト）

パナソニックコネクト株式会社　溶接プロセス事業部

本書の無断複写・転写を禁じます

TIGアーク溶接法

第１章　基礎編
第２章　施工編
第３章　材料編
第４章　安全衛生と保守編

第１章　基礎編

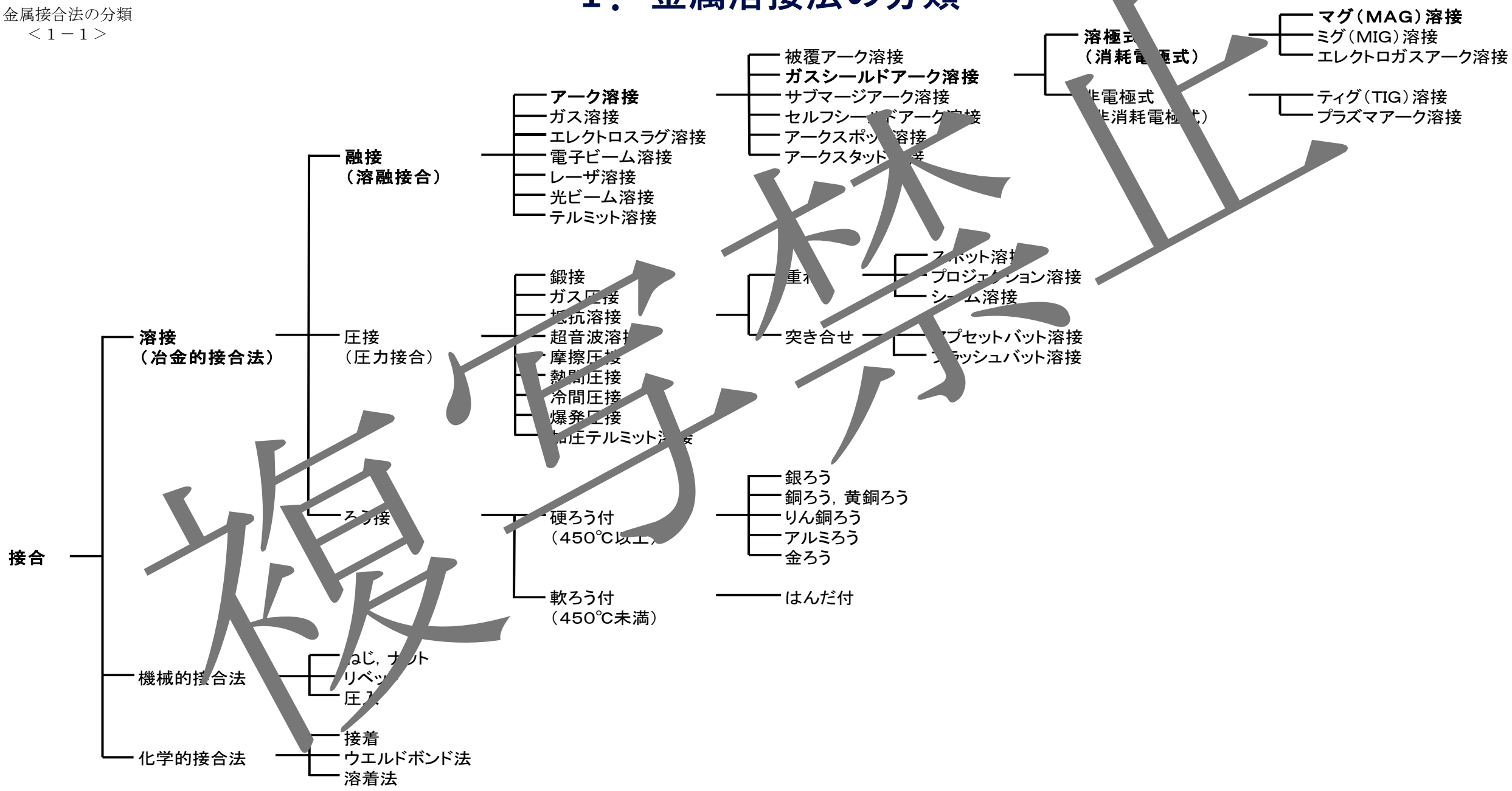
１－１	金属接合法の分類・・・・・・・・・	５
１－２	TIG溶接の現地と特徴・・・・・・・・	６
	（１）TIG溶接の原理	６
	（２）TIG溶接の特徴	７
１－３	機器の構成・・・・・・・・・・・・	８
１－４	溶接電源の特性・・・・・・・・・・	１０
１－５	機器の制御方式・・・・・・・・・・	１２
１－６	各種のTIG溶接法・・・・・・・・・・	１３
	（１）直流TIG溶接	１３
	（２）交流TIG溶接	１３
	（３）直流と交流の使い分け	１４
１－７	極性とその現象・・・・・・・・・・	１５
	（１）棒マイナス（DC・EN）	１５
	（２）棒プラス（DC・EP）	１５
	（３）クリーニング作用とは	１７

第１章　基礎編

１－８　高周波について・・・・・・・・・・　１９
（１）電波障害を軽減する対策　２０
１－９　溶接トーチについて・・・・・・・・　２１
（１）溶接トーチの部品名　２１
（２）電極の選定　２３
（３）電極径の選定　２４
（４）ノズルの選定　２５
（５）シールドガスについて　２７
（６）トーチスイッチ操作　２８
（７）使用率について　２９
１－１０　パルスTIG溶接について・・・・・・・　３１
（１）ローパルス溶接　３１
（２）ミドルパルス溶接　３１
（３）パルスの効果　３３
（４）制御機能の働き　３４

1．金属溶接法の分類

金属接合法の分類
＜１－１＞



複写禁止

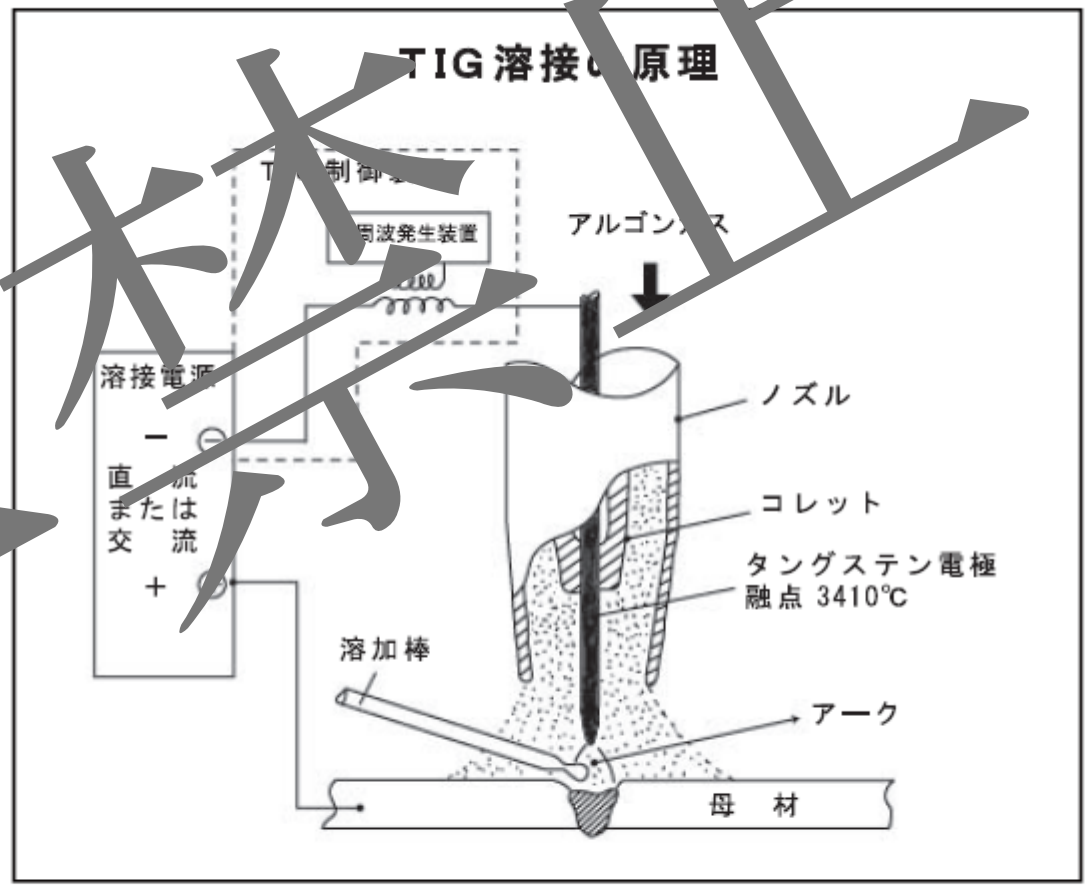
1－2　TIG溶接の原理と特徴

(1)　TIG溶接の原理

この溶接法は、右図に示すようにアルゴンやヘリウムなどの不活性ガスの雰囲気中でタングステン電極と母材の間にアークを発生させ、このアーク熱により母材を溶融させる溶接法である。

タングステン電極は融点が3410℃と高いので、高温のアーク熱によっても、その溶融消耗が少なく、アークの安定性が良好なのでよく用いられる。

一般的に、薄板では溶加材なし、中厚板では、溶加材を挿入しながら溶接を行う。



溶接電源は軟鋼やステンレスの溶接では直流、アルミやマグネシウムの溶接では交流が使用される。

複写禁止

TIG溶接の原理と特徴

(2) TIG溶接の特徴

長所

1. 工業的に使用されているほとんどの金属や合金の溶接ができる。
2. 大気から保護されているので溶接部の品質性能が優れている。
3. スパッタの発生がないため、ビード外観が極めて良好。後仕上が容易である。
4. 全姿勢溶接が可能で、あらゆる継手形状に適用できる。
5. 小電流でもアークが安定し、薄板の溶接にも適用できる。

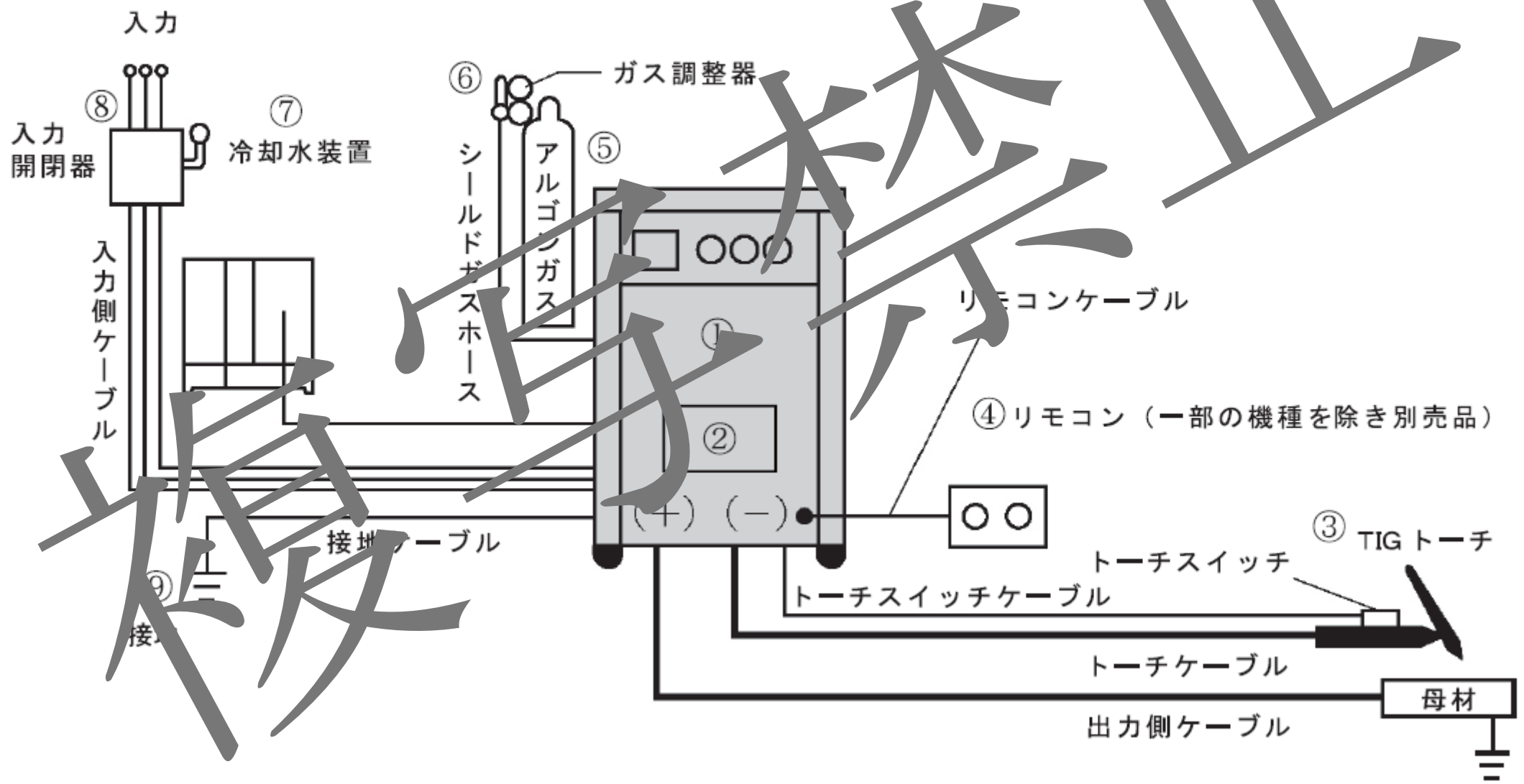
短所

1. 風の影響を受けやすい。（ガスシールドアーク溶接の短所）
2. 一般に溶け込みが浅く、溶接速度を上げられない。
3. 母材面の汚れにより気孔、内部欠陥が発生しやすい。

複写禁止

1－3　機器の構成

1–3 機器の構成



複写禁止

1－3　機器の構成

TIG溶接機器の構成は次のようなもので構成されている。

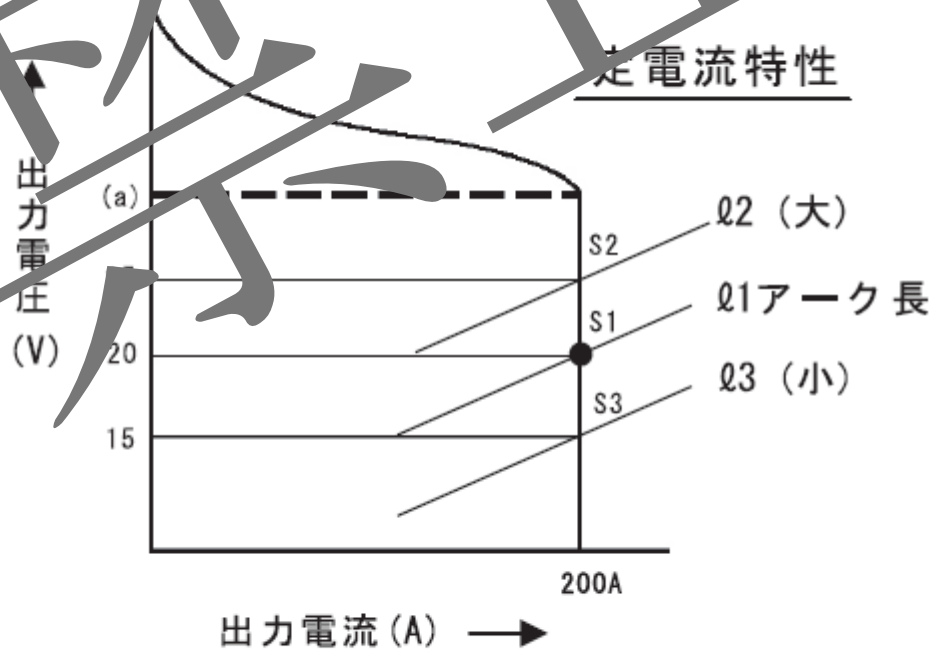
①　溶　接　電　源……直流電源または交直両用電源
②　制　御　装　置……高周波発生装置、ガス制御回路、溶接電流制御回路、圧力スイッチまたは水量スイッチ
③　溶　接　ト　ー　チ……空冷トーチまたは水冷トーチ
④　リ　モ　コ　ン……（リモコン）出力調整器
※一部の機種を除き別売品
⑤　ガ　ス　ボ　ン　ベ……アルゴンガス
⑥　ガ　ス　調　整　器……シールドガスの圧力と流量調整
⑦　冷　却　水……冷却水装置（水冷トーチ使用時のみ）
⑧　電　源　入　力……三相または単相入力
⑨　接　地　ア　ー　ス……漏電時の感電防止

複写禁止

1－4　溶接電源の特性

TIG溶接用の電源としては下図のような定電流特性のものが一般的に使用される。

その理由はアークの長さが変化してもこれにより溶接電流が変化するのを防ぎ、良好な溶接が行えるためである。



定電流特性におけるアーク長制御の説明

1) まず最初にS$_1$の点でアークが安定して発生しているとし

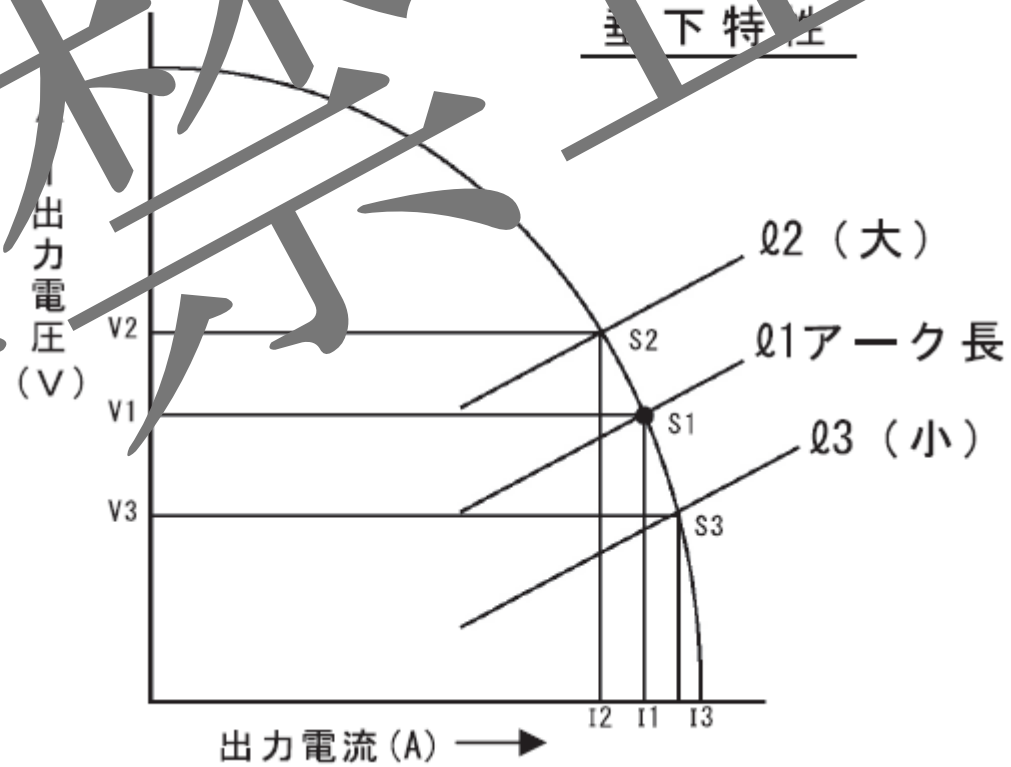
2) 何らかの原因でアーク長がℓ$_1$からℓ$_2$に長くなっても動作点はS$_1$からS$_2$へ移動するだけで

3) 溶接電流は変化しない。このため、溶接ビードの変化もなく、良好な溶接が続けられる。

複写禁止

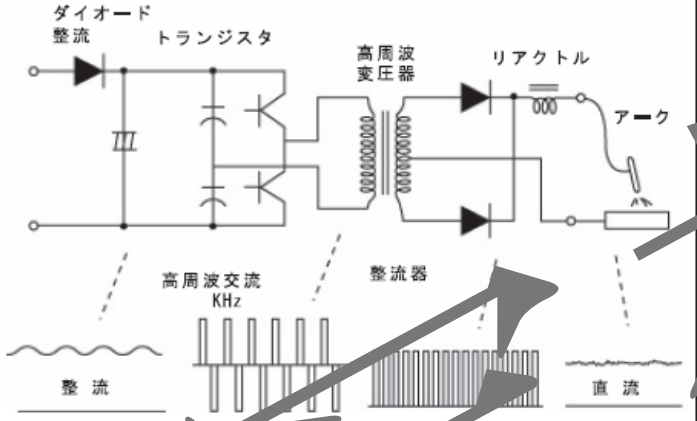
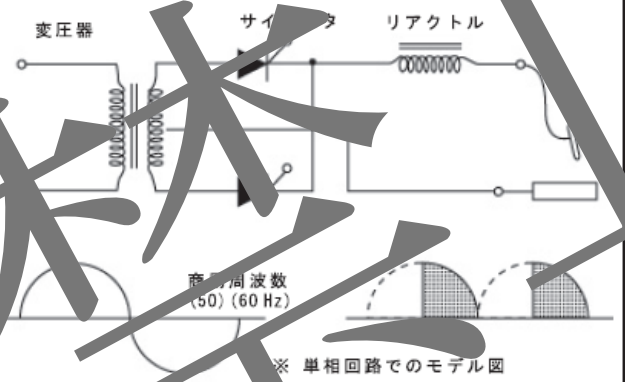
1－4　溶接電源の特性

☆ 従来は、垂下特性のものが一般的に使用されており、アーク長が変化するとわずかであるが溶接電流が変化し、溶接ビードも、わずかに変化するものであった。



複写禁止

1－5　機器の制御方式

インバータ方式	従来サイリスタ方式
	 ※ 単相回路でのモデル図
●インバータ制御方式は 50～60 Hz の商用電源をいったん整流して直流とし、それをブリッジに組んだトランジスタにより高周波交流に変換して高周波変圧器に印加し、そしてこの変圧器出力を再度直流に変換して溶接エネルギーを溶接出力として供給する方式である。 インバータ方式の特長は、高周波交流を制御しているので制御が高速になり、アークスタート、パルス立上げ、立下げが迅速にできて溶接性が改善されるうえ、電源の小型軽量化も図ることができる。	●従来の商用周波数でのサイリスタ制御では変圧器の２次側でサイリスタの点孤角を制御することにより出力を制御しているので応答速度も遅く、作業性改善には限界もあるが、反面、簡易的なものや大電流環境にて使用されており、まだまだ根強い需要がある。

複写禁止

1－6　各種のTIG溶接法

(1) 直流TIG溶接法

直流の垂下特性もしくは定電流特性の溶接電源を用いて、タングステン電極を陰極（棒マイナス）の極性で、アークを発生させる溶接法である。

これは電極から熱電子が放出され、その熱電子により母材を加熱する一方、電極は、電子が放出される時に冷却される為に、細径で比較的大電流が使用できる。

アークも電極直下の母材に集中し、溶接電流が100A程度をこえるとプラズマ気流が発生し、アークの指向性が強くなり幅が狭く、深い溶け込みが得られる。

適用範囲は広く、軟鋼、ステンレス、チタン、銅などのほとんどすべての金属の溶接に適用できる。

また、小電流（5A）でも安定なアークが維持でき、0.3mmまでの極薄板溶接も可能であるとともに、数百Aの大電流で厚板の多層盛溶接も可能である。

(2) 交流TIG溶接法

交流の垂下特性または、定電流特性の溶接電源を用いて、交流のアークを発生させる溶接法で、アルミニウムやマグネシウムの溶接に主として用いられている。

この方法では電極と母材が半サイクル毎に極性が変わり、母材がマイナスで棒プラスの時に陽イオンが加速され母材に衝突し、表面の酸化被膜を破壊分解する作用があり（これをクリーニング作用という）、アルミニウム合金、マグネシウム合金などの溶接では、このクリーニング作用の活用の仕方が重要なポイントとなる。

複写禁止

1－6　各種のTIG溶接法

(3) 直流と交流の使い分け

	直流（正極性）	交流
軟鋼	○	×
ステンレス	○	×
銅	○	×
真鍮	○	○
チタン	○	×
アルミニウム	×	○
マグネシウム	×	○
銀	○	×
金	○	×
鋳鉄	○	×
高炭素鋼	○	×

複写禁止

1－7　極性とその現象

(1) 棒マイナス（DC・EN＝Direct Current・Electrode Negative）

棒マイナスでは電極が陰極となるので電極から熱電子が放出され、その熱電子により母材を加熱する。一方電極は電子が放出されるときに冷却されるため、細径でも比較的大電流が使用できる。またアークの発生状態も電極直下の母材に集中し、かつ電流が100Ａ程度を越えるとプラズマ気流が発生しアークの指向性が強くなるので幅が狭く、深い溶込みが得られる。主に軟鋼・ステンレスの溶接に適する。

(2) 棒プラス（DC・EP＝Direct Current・Electrode Positive）

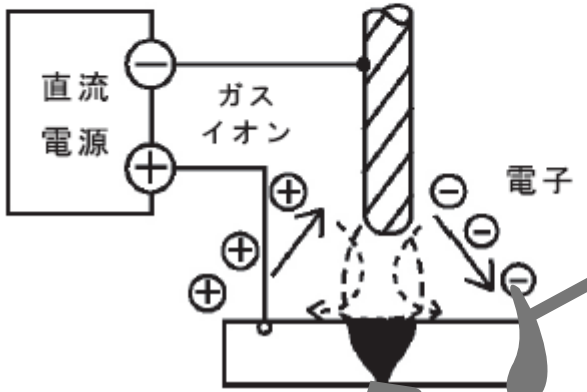
棒プラスでは電極に電子が流入し棒マイナスとは逆の現象が起り、電極への入熱が大きくなる。この為同一径の電極径では棒マイナスの約１割程度の電流しか流すことができない。またアーク発生状態もアークの陰極点が動き回るため幅が広く浅い溶込みとなる。（この期間は母材マイナスになるので、母材の酸化被膜を除去できる。）

複写禁止

1－7　極性とその現象

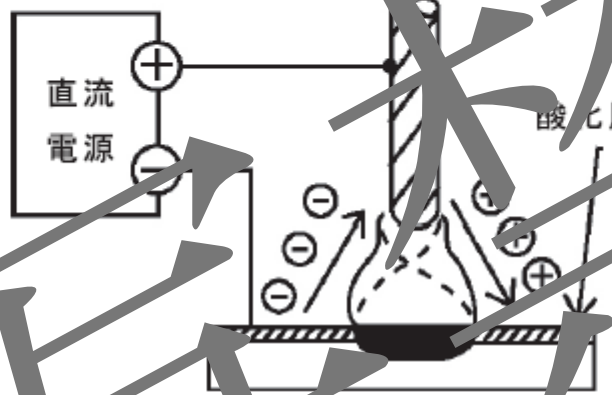
TIG溶接の極性と現象

棒マイナス（DC▪EN）



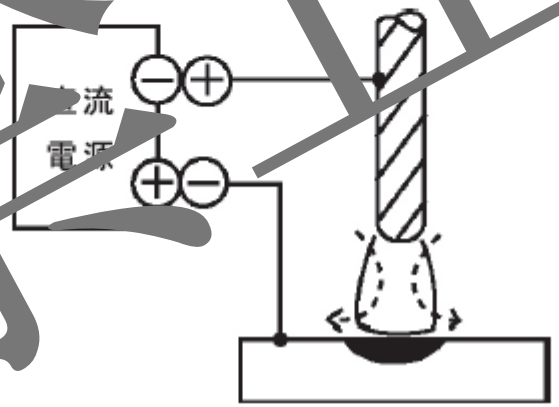
○アーク指向性あり
○狭くて深い溶込み
○主に軟鋼、ステンレスの溶接に適す

棒プラス（DC▪EP）



○クリーニング作用あり
○広くて浅い溶込み
○電極での発熱大

交流（AC）



○クリーニング作用あり
○DC・EN／DC・EPの中間の溶込み
○電極の発熱中
○主にアルミニウム、マグネシウムの溶接に適す

複写禁止

1－7　極性とその現象

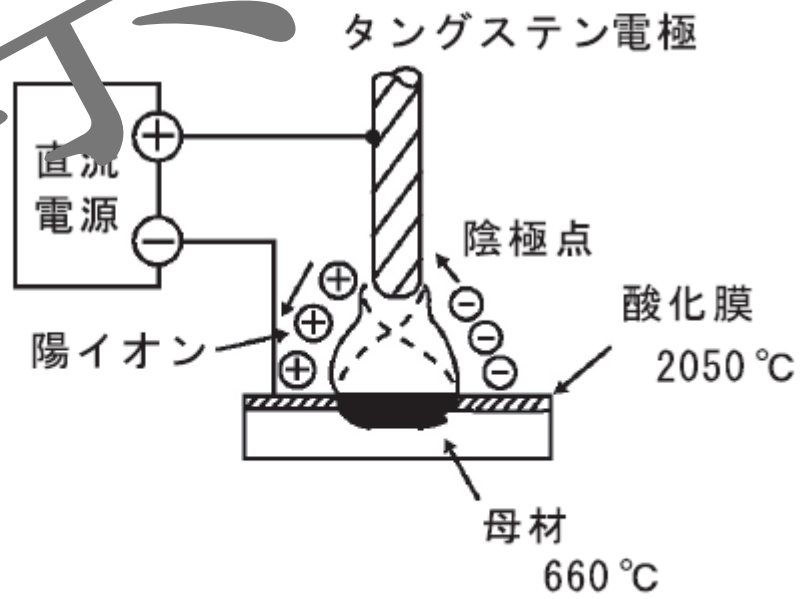
(3) クリーニング作用とは

アルミニウムあるいはマグネシウムには普通その表面に著しい酸化皮膜がある。この酸化皮膜は母材金属が溶融しても固体のまま表面に浮遊する。（つまり溶けない）良好な溶接結果を得るにはこの酸化皮膜を取除く必要がある。

TIG溶接では、母材が陰極（マイナス）のときに陽イオン（アルゴンガスのイオン）が加速されて母材に衝突し表面の酸化皮膜を破壊分解するため酸化皮膜がなくなる。

この作用もアルゴン気中で行われるため、一度破壊され除去された皮膜は再生せずにきれいな地肌の金属面が生じる。

この作用をクリーニング作用（清浄作用）という。

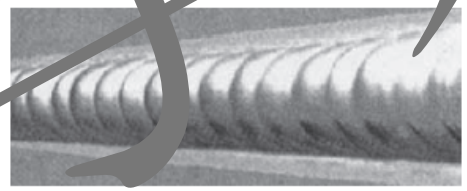


複写禁止

１－7　極性とその現象

＜クリーニング幅調整＞

交流TIG溶接を行う場合、アークのクリーニング作用の強さ（クリーニング幅）はクリーニング幅調整ボリュームにより、変更できる。（YC－300WX4の事例）



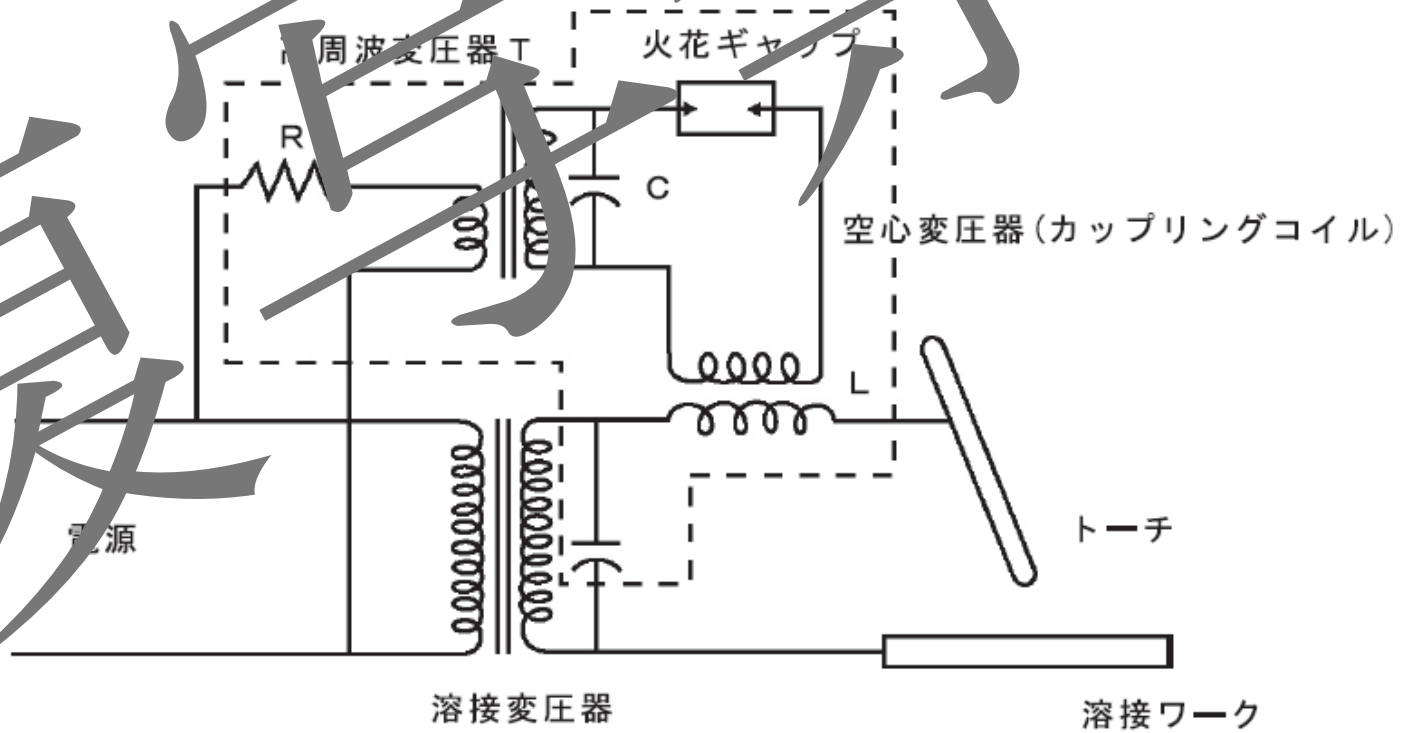
調　整　位　置	標準 狭	広
クリーニング幅	狭	広
溶　け　込　み	溶け込みが深い	溶け込みが浅い 浅
電　極　消　耗	小	大

複写禁止

1－8　高周波について

☆　TIGアーク溶接では母材が、タングステン電極によって汚されるのを防うため、電極を母材にタッチさせずにアークスタートをさせる。これには数千ボルトの高電圧の高周波が必要となる。この高周波は母材とタングステン電極との間を絶縁破壊してアークを発生・誘導する役目をしている。

☆　高周波の発生方式としては現在ほとんど火花ギャップ式が採用されている。この高周波発生回路（直列式）は火花ギャップとコンデンサとカップリングコイルによって火花発振回路を構成している。



高　周　波　発　生　回　路

複写禁止

1－8　高周波について

(1) ＜電波障害を軽減する対策＞

（イ）溶接ワークや溶接トーチと電気的に絶縁し、15m以上機器を遠ざける。

（ロ）溶接トーチのケーブルと母材ケーブルをできるだけ短くし地面に近づけた状態で使用する。

（ハ）高周波発生装置、溶接電源本体の接地および機器相互間のケーブル類を金属製のコンジット内に入れ、そのコンジットの両端をできるだけ短い導線で接地する。

（ニ）溶接装置から15m程度以内にある他の配電線も金属製コンジットに入れ接地する。

（ホ）被障害装置側を金属板や金網で囲ってシールドする。

上記のような点に注意をすると有効である。

複写禁止

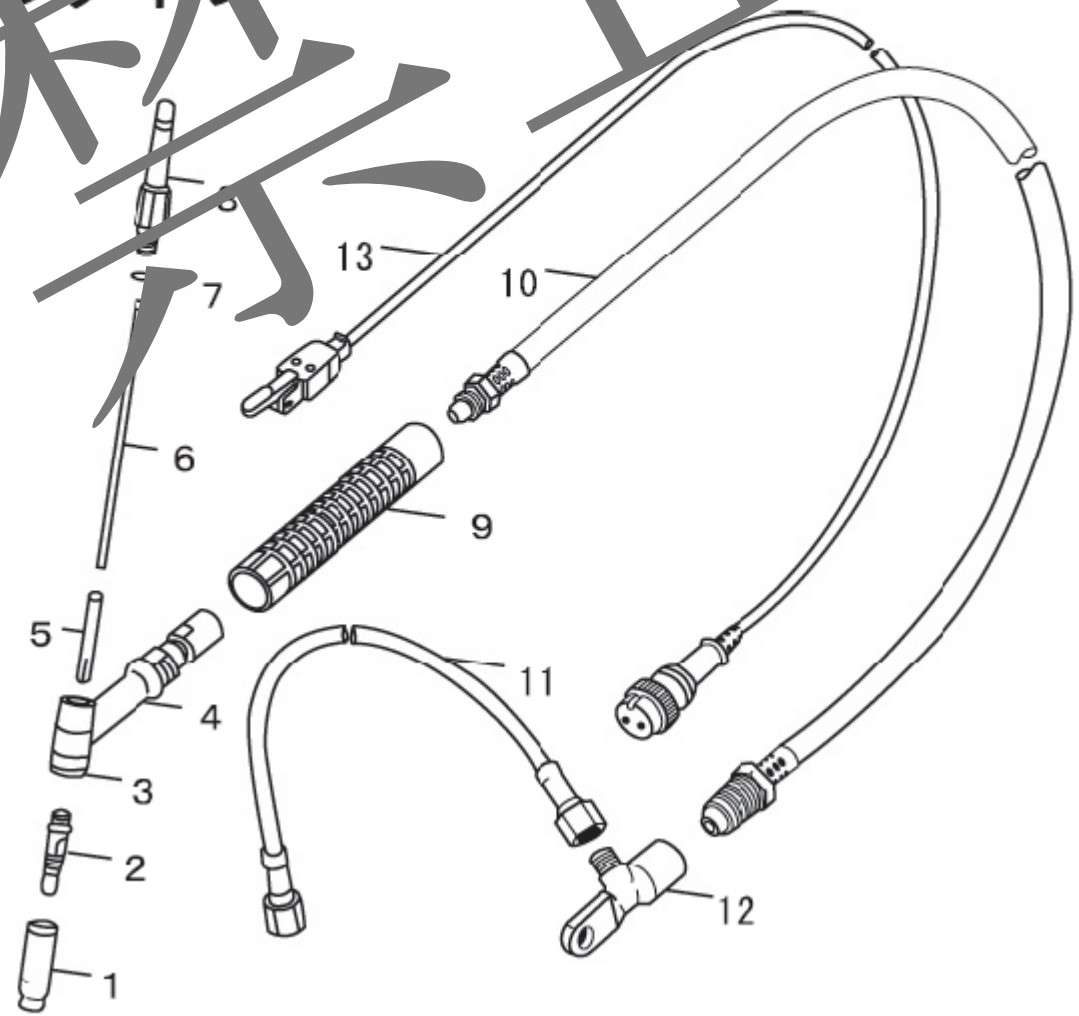
1－9　溶接トーチについて

(1) 溶接トーチの部品名

溶接トーチの形には下の図のようにアングルタイプ、ペンシルタイプがある。 また、冷却方式には空冷、水冷がある。

アングルタイプ

部品名		部品名	
No.	名称	No.	名称
1	ノズル	8	トーチキャップ
2	コレットボディー	9	トーチホルダー
3	ノズルパッキン	10	冷却ケーブル組
4	トーチ本体組	11	ガスホース組
5	コレット	12	ケーブル金具
6	タングステン電極棒	13	トーチスイッチ組
7	Oリング		

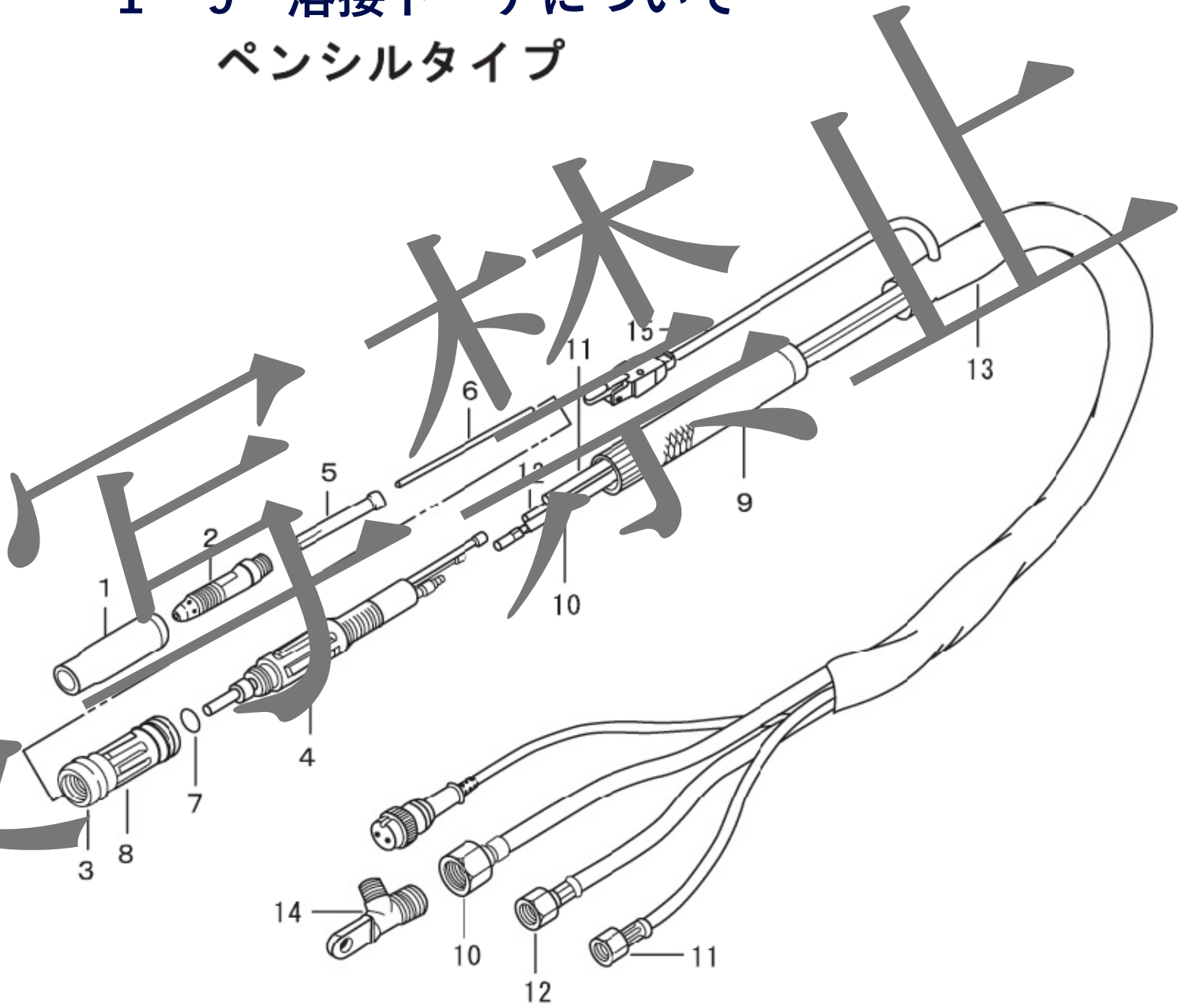


複製禁止

1－9　溶接トーチについて

ペンシルタイプ

No.	部　品　名
1	ノ　　ズ　　ル
2	コレットボディー
3	ノズルパッキン
4	トーチ本体組
5	コ　レ　ッ　ト
6	タングステン電極棒
7	O　リ　ン　グ
8	コレット締付ナット
9	トーチホルダー
10	冷却ケーブル組
11	ガスホース組
12	水ホース組
13	ホースカバー
14	ケーブル金具
15	トーチスイッチ組



複写禁止

1－9　溶接トーチについて

(2) 電極の選定

●タングステン電極は、一般的に下表のものが使用される。

溶　接　法	電　極　材　質	マークの色
直流TIG溶接	2％ 酸化ランタンタングステン（ランタン）	黄緑色
交流TIG溶接	2％ 酸化セリウム入タングステン（セリア）	灰色

複写禁止

1－9　溶接トーチについて

(3) 電極径の選定

電極径 mmφ	溶接電流（A）	
	直流TIG溶接（電極マイナス）	交流TIG溶接
	ランタン	セリタン
0．5	5～20	5～20
1．0	15～80	15～50
1．6	30～150	30～100
2．4	50～230	50～200
3．2	80～400	80～250
4．0	100～500	100～350

- 上記の電流値は、電極径ごとの使用できる溶接電流範囲の目安を示したものである。

複製禁止

1－9　溶接トーチについて

(4) ノズルの選定

●下表はガスシールド性を主体とした推奨ノズル口径である。ノズル口径が大きい程広範囲のシールドが得られる。これを目安に被溶接物の形状、作業性等を考慮する。

ガス流量	ノズル口径（ノズルNo.）
３～６	6.5mmφ（No.4）
４～８	8.0mmφ（No.5）
５～１０	9.5mmφ（No.6）
６～１２	11.0mmφ（No.7）

注）ガスレンズ用ノズルについて

ガスレンズはシールドガスの流れを一様にするもので、ガスレンズを使用しない場合と比較して、次のような特長があります。

●少ないガス流量でも優れたシールド効果が得られる。

●タングステン突き出し長さを長くできるので、狭い場所で溶接ができ、ノズルの損傷も大幅に軽減される。したがって、高度な溶接品質が要求される場合や、複雑な継手形状の溶接にはきわめて効果的である。

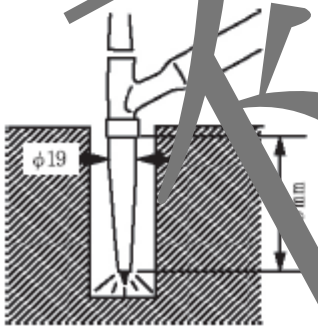
複写禁止

1－9　溶接トーチについて

No.５Ｌ　　No.５Ｇ　　No.５　　No.６　　No.７　　アークスポットノズル

〈ロングノズル〉

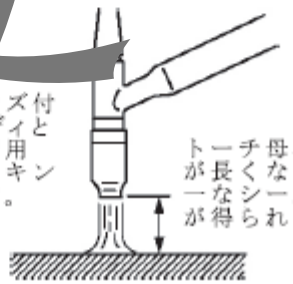
深い部分の溶接に最適です。



〈ガスレンズ（ＧＬ）用ノズル〉

ステンや特殊金属など、特に高度なシールド性を必要とする溶接物に最適です。

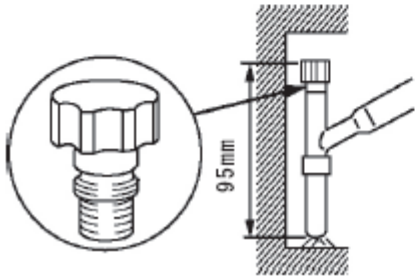
※ガスレンズ付コレットボディとガスレンズ用ガラスキャップ用ノズルパッキンが必要です。



トーチ母材間距離も効果長くシールドされます。
が得られます。

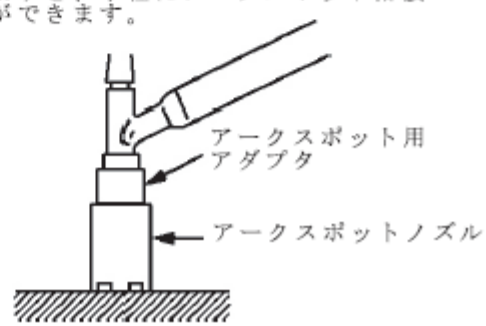
〈トーチキャップＳ〉

狭い場所の溶接作業に威力を発揮します。



〈アークスポットノズル〉

標準トーチに下図の部品を取り付けますと、手軽にアークスポット溶接ができます。



複写禁止

1－9　溶接トーチについて

(5) シールドガスについて

TIG溶接用シールドガスは、ＪＩＳ－Ｋ－１１０５に規定されている溶接用アルゴンガスを使用する。アルゴンガス中に酸素や水分、窒素などの不純物が入りこむとシールド性が悪くなり、溶接部の品質が低下する。

溶接に必要なガス流量（アルゴンの場合）

溶接電流	必要流量ℓ/分	アフターフロー(秒)
１００Ａ以下	約６～７	約５
２００Ａ以下	約８～１０	約１０
３００～５００Ａ	約１５～２０	約１０～１５

●アフタフロー

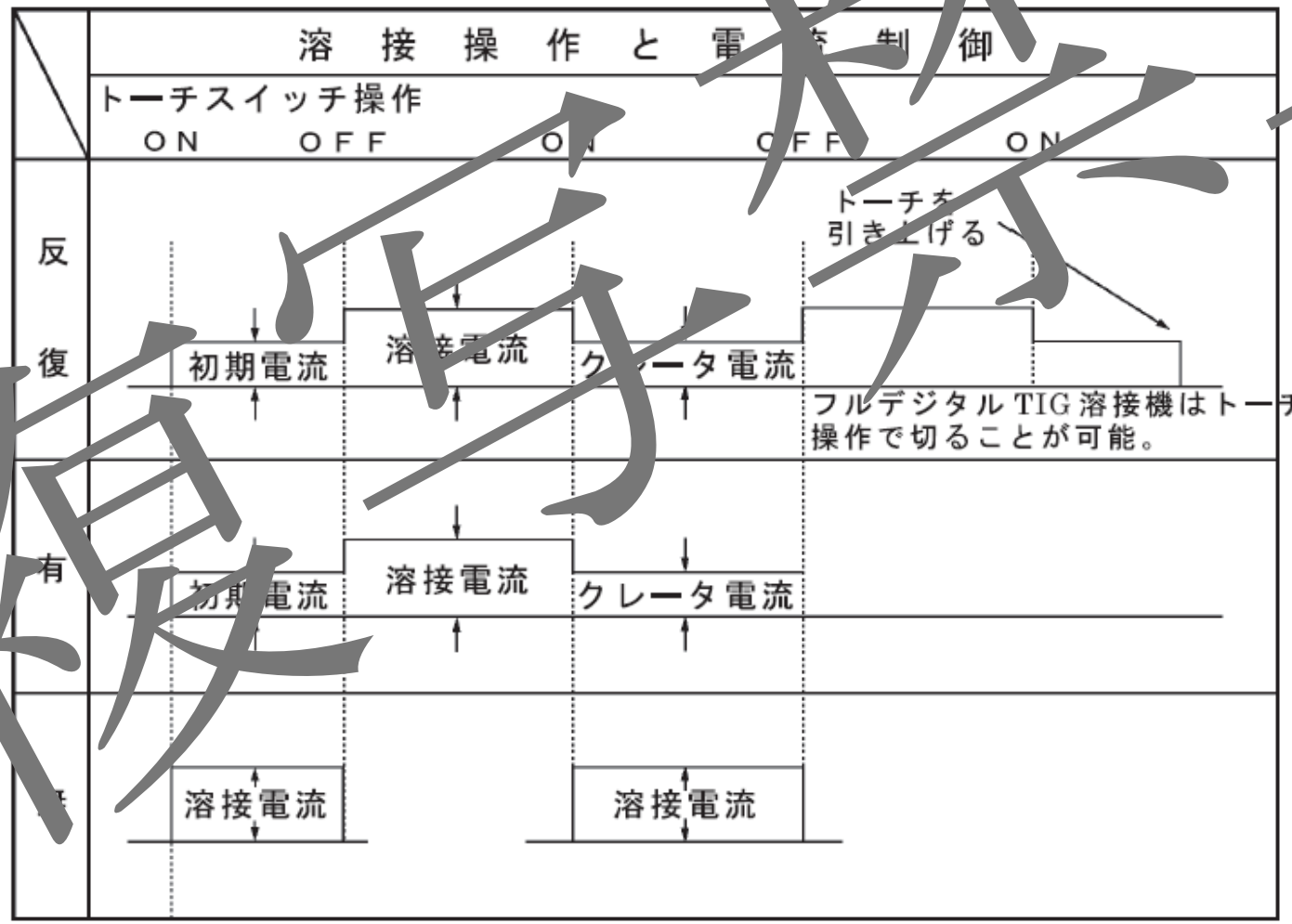
溶接終了直後、溶接金属が溶融状態または赤熱状態にある時、シールドガスがなくなると、溶接金属は空気に触れて窒化したり、酸化して変色したりする。そのため、溶接金属が凝固冷却するまで、溶接終了後もシールドガスを流す必要がある。この機能を、アフタフローと呼んでいる。アフタフローは、単に溶接金属の保護だけでなく、タングステン電極の保護も兼ねている。溶接直後のタングステン電極は、非常に高温のため、ガスを流して冷却シールドし、電極の酸化による消耗を防いでいる。

複写禁止

1－9　溶接トーチについて

(6) トーチスイッチ操作

TIG溶接における各種の作業に対応するため、クレータ処理無（自己保持なし）、クレータ処理有（自己保持有）、クレータ反復（自己保持有）などの切換スイッチが設けてあり、トーチスイッチの操作により各電流を切り換える。



●クレータ応用例

反復：溶接途中で入熱を下げたい時
　　溶け落ち防止

有：チタン・ステン・アルミなど酸化・窒化が好ましくない溶接のクレータ処理

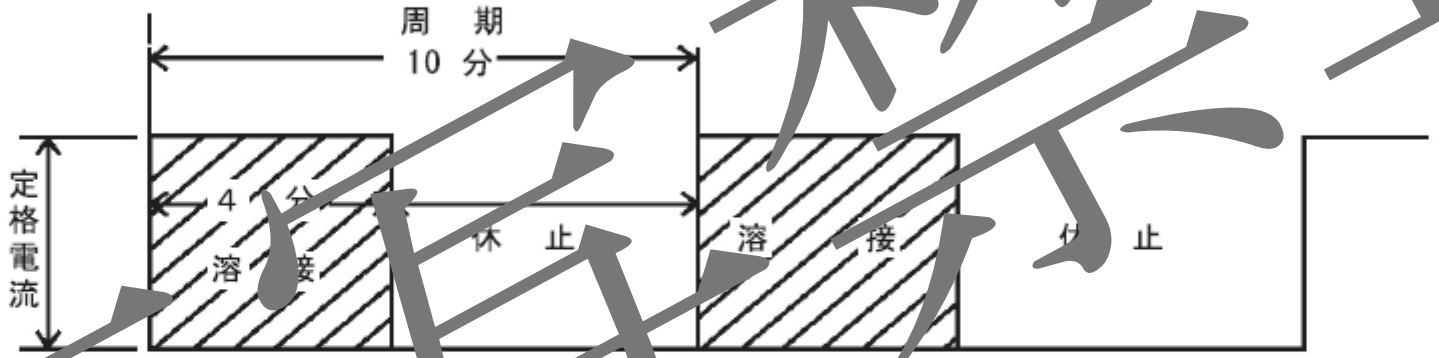
無：仮付けまたは溶接長が短い時

複写禁止

1－9　溶接トーチについて

(7) 使用率について

溶接機器、溶接トーチにはそれぞれ定格使用率が決められていて、一般にアーク溶接機では 10 分間を 1 周期とし、定格電流で溶接する場合の使用率が定められている。



☆上の図のように定格使用率 40%の場合、10分間のうち定格電流で４分間溶接することができ、6分間休止する必要がある。

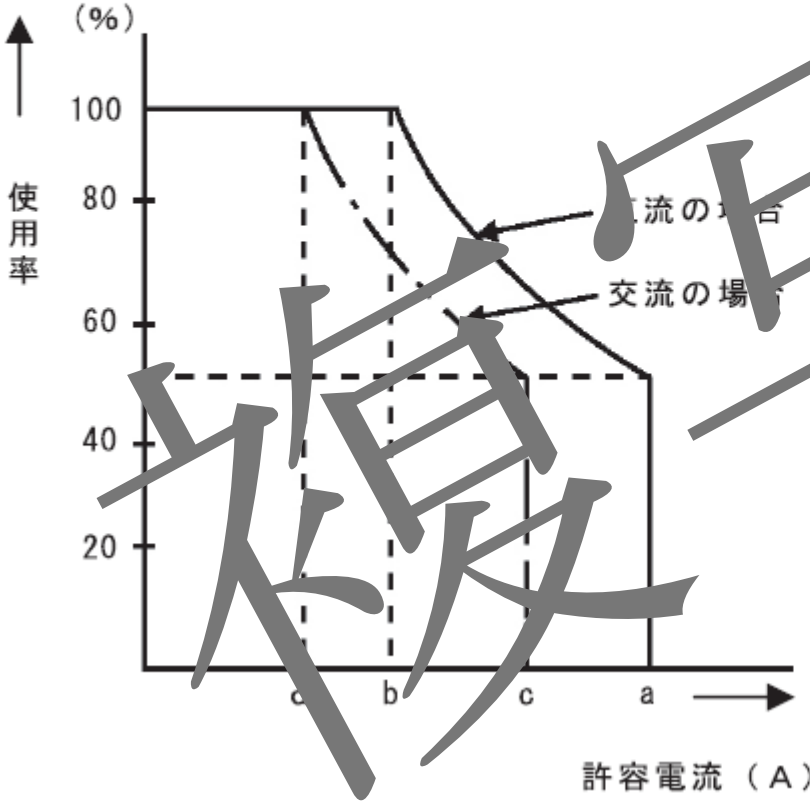
なお定格電流より低い電流で使用する場合は次の式により許容実際値を求めることができる。

$$\text{許容使用率（実際使用率）} = \frac{(\text{定格電流})^2}{(\text{使用電流})^2} \times \text{定格使用率}$$

複写禁止

1－9　溶接トーチについて

ただし、溶接トーチの定格使用率は直流と交流で異なる。一般に交流の場合、直流よりトーチに受ける熱量が大きいため、許容電流は 70～80%の低い値となるので注意が必要である。



溶接トーチの許容電流と使用率

電流(A)／トーチ	直流の場合		交流の場合	
	a（50%使用率）	b（100%使用率）	c（50%使用率）	d（100%使用率）
120A	120	75	95	60
150A	150	105	130	90
200A	200	140	160	110
300A	—	300	—	260
500A	—	500	—	400

溶接トーチの許容電流（A）

複写禁止

1－10　パルスTIG溶接について

アークに流れる溶接電流を、周期的に変化させアークの特性を調整しビードの形状を制御する溶接法である。

使用する周波数によって、ローパルス（0.5～25Hz）、ミドルパルス（25～500Hz）に大別される。

(1) ローパルス溶接（低周波パルス溶接）

ローパルス溶接は溶接電流を 0.5～25Hzの低い周期で高低させてパルス電流の流れている間に母材を溶融させ、ベース電流の流れている間には逆にその溶融プールを凝固させて周期的に溶接する方法のことで、溶接ビードが魚のうろこ状になるので、うろこビード溶接とも呼ばれている。

(2) ミドルパルス溶接

25～500Hzの高い周期で電流を変化させる溶接法で、アークの集中性・指向性を高める効果がある。

複写禁止

1－10　パルスTIG溶接について

電流制御	電流波形	アークの状態	ビード外観	適用溶接
一般直流TIG		ソフト	なめらかなビード	安定したアークで薄板から厚板まで適用可
ローパルス	(0.5～25 Hz)	広がりが大きい	波目のうろこ状ビード	オールポジション溶接 板厚違い 裏波溶接、異種金属
ミドルパルス	(25～500 Hz)	集中性が高い	きめ細かな均一なビート	薄板の高速溶接 すみ肉溶接が容易 溶加棒の挿入が容易

複写禁止

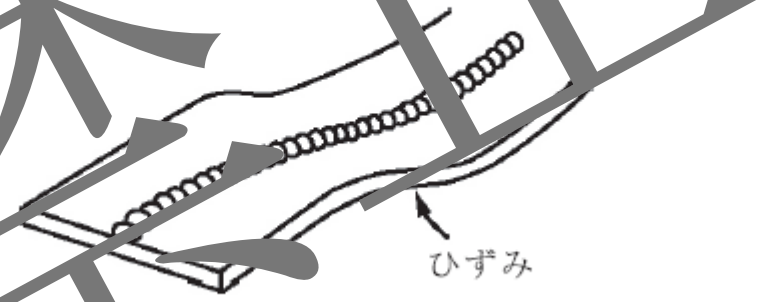
1－10　パルスTIG溶接について

(3) パルスの効果

1．裏波溶接が容易

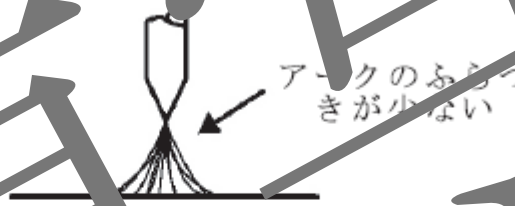
裏波ビード

2．ひずみが少ない



ひずみ

3．アークの集中性



アークのふらつきが少ない

4．外観が美しい

波目のうろこ状ビード

5．板厚違いの溶接

6．異種金属の溶接が容易

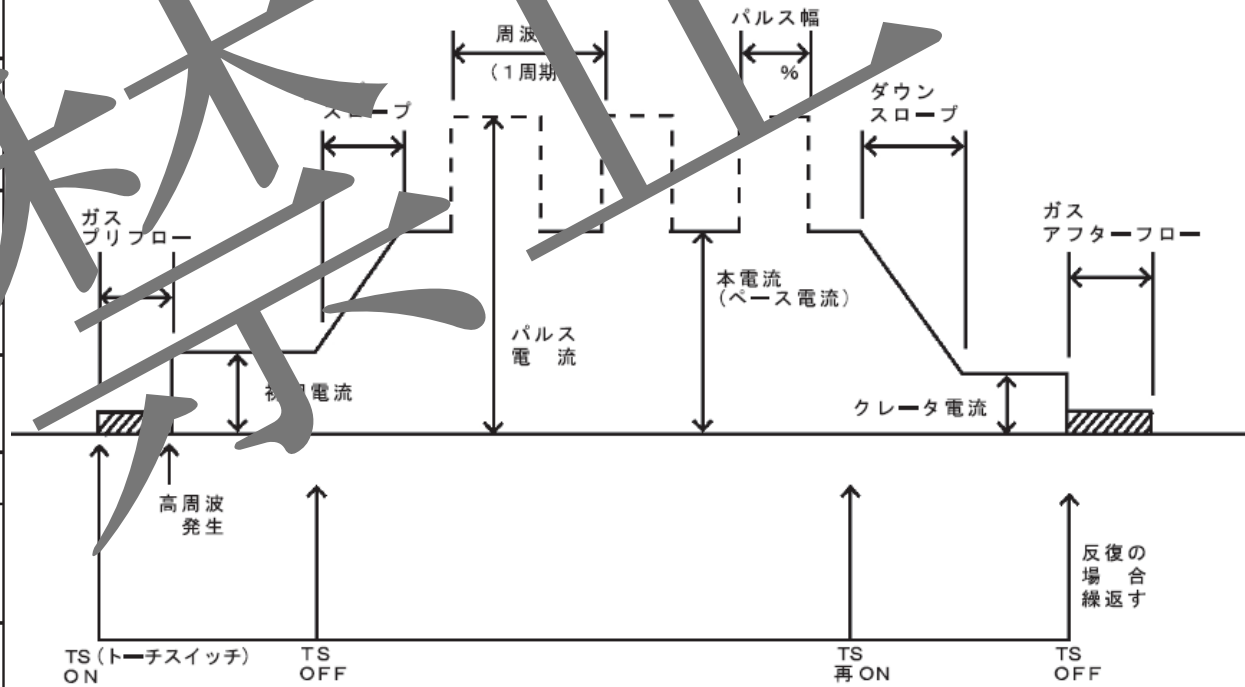
銅　　真鍮

複写禁止

1－10　パルスTIG溶接について

(4) 制御機能の働き

初期電流制御	トーチスイッチＯＮによりスタート時の溶接電流を制御
アップスロープ	アーク発生後、トーチスイッチＯＦＦにより溶接電流を徐々に本電流に移行させる制御
ダウンスロープ	トーチスイッチ再度ＯＮにより本電流を徐々にクレータ電流に移行させる制御
本　電　流	溶接ワークに適した電流。（パルス有設定時には低いベース電流値となる）
パルス電流	パルス有設定時に、高い値の電流値
パルス周波数	１ピーク、１ベースを１周期とし、１秒間に繰返す回数 ※１秒間に30周期のパルスはパルス周波数＝30Ｈｚとなる
パ　ル　ス　幅	１周期の中で、パルス電流の占める時間の幅
クレータ電流	トーチスイッチ再度ＯＮによりあらかじめ設定されたクレータ電流に切換わり、終了部の凹み（クレータ）を埋めるのに利用する。
ガスプリフロー	溶接始動時、トーチスイッチＯＮからアークが発生するまでガス放出制御で、溶接欠陥を防止する。
ガスアフターフロー	アーク終了後のガス放出制御で、溶接部、電極の保護をする。
クリーニング幅	交流TIG（アルミニウムなど）溶接において母材表面の酸化物を除去する効果の大きさを調整。



転写禁止

第２章　施工編

２－１　施工にあたって・・・・・・・・・・　３７
（１）作業環境のチェック　３７
（２）施工に辺境する要素　３８
（３）溶接施工準備　３９
２－２　溶接トーチ使用上のポイント・・・・・　４０
（１）タングステン電極の管理　４０
（２）タングステン電極の突出し長さ　４１
（３）タングステン電極と母材間距離　４２
（４）トーチの持ち方　４３
（５）適正電流値　４５
（６）溶融池の見方　４６
（７）共付溶接　４７
（８）溶加棒の挿入方法　４８
（９）ビード置きポイント　４９
（１０）クレータ処理とビードの継ぎ方　５０

第２章　施工編

２－３　各種継手の溶接施工ポイント・・・・・・・・・　５２
（１）突合せ継手の施工　５２
（２）角継手の施工　５３
（３）重ね継手の施工　５５
（４）T継手の施工　５７
２－４　各種溶接姿勢の施工ポイント・・・・・・・・・　５９
（１）立向い溶接の施工　５９
（２）横向き溶接施工　６１
（３）上向き溶接施工　６３
（４）固定管（パイプ）の裏波溶接のポイント　６５
２－５　溶接条件表・・・・・・・・・・・・・・・・・　６７
（１）軟鋼及びステンレス鋼のTIG溶接条件　６７
（２）アルミニウムのTIG溶接条件（交流・MIX）　７０

2−1　施工にあたって

(1) 作業環境のチェック

○足元にケーブルや鉄片など邪魔になるものはないか

○揮発油やシンナーなど燃えやすいものはないか

○紙・布など可燃物がないか

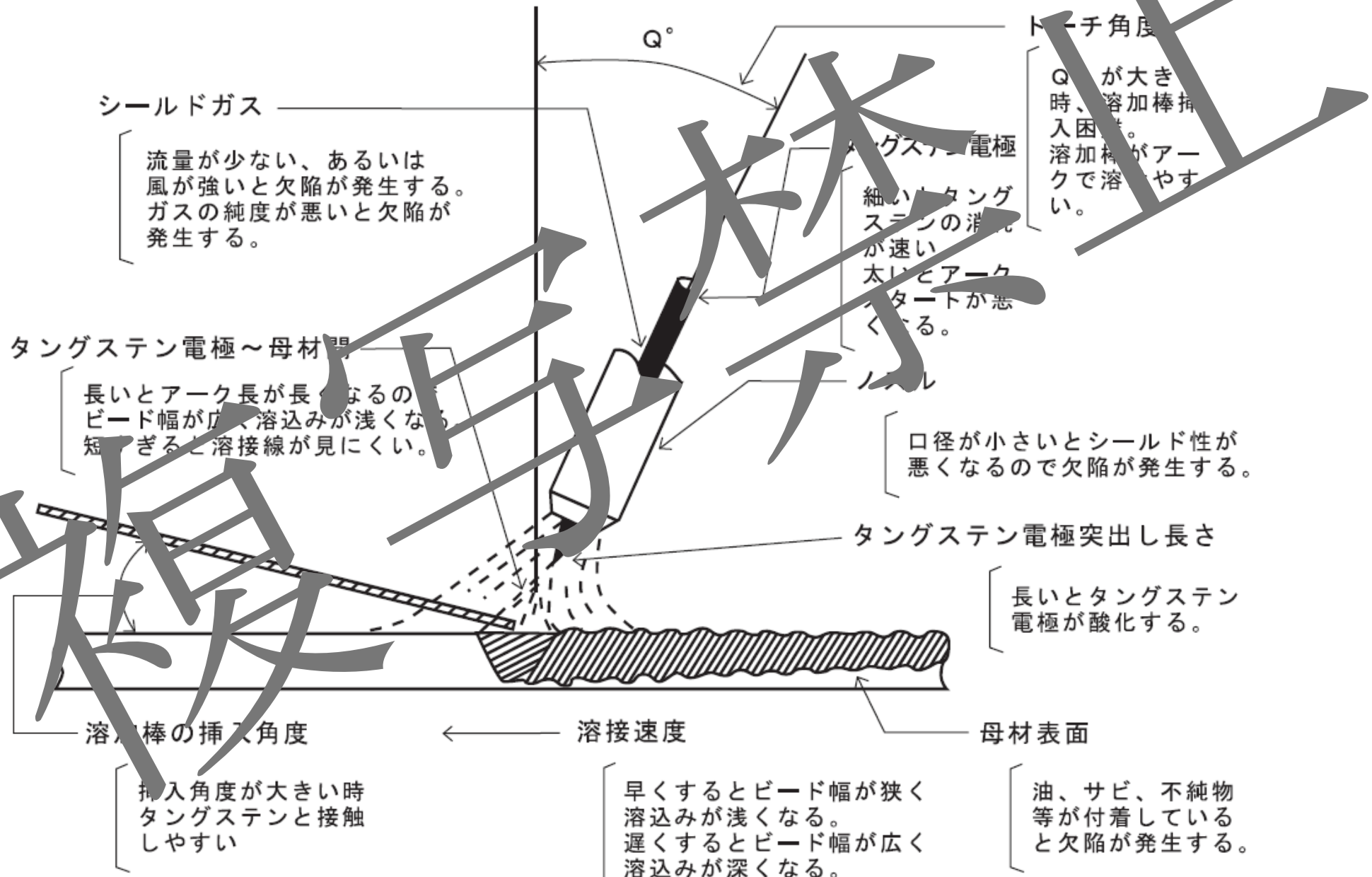
○アークの光の遮光・換気状態は良いか

保護具の点検（手袋、足カバー、メガネ、エプロン、面など）

消耗品の点検（電極、ノズル、ガス、溶加棒など）

複写禁止

(2) 施工に影響する要素



複製禁止

2−1　施工にあたって

(3) 溶接施工準備

母材の清浄

母材表面に汚れやスケール・塗装残りが存在すると、融合不良やブローホールなど溶接部分に欠陥が発生するので事前に除去する必要がある。

除去方法には次のような方法がある。

(1) 有機溶剤による表面脱脂

洗浄用シンナー、アセトン、アルコールなどの有機溶剤を使用する。

(2) 機械的方法

電動式または手動により、清浄なステンレス鋼製細毛ワイヤブラシを用いて強く研磨する。その他、やすりがけによる研磨などを行ってもよい。

(3) 化学的方法

化学研磨の例として、次のようなものがある。5～10％水酸化ナトリウム溶液（約70℃）に30～60秒間浸漬後水洗し、次に約15％硝酸（常温）に約2分間浸漬し、水洗後、温湯で洗い十分乾燥させる。

複写禁止

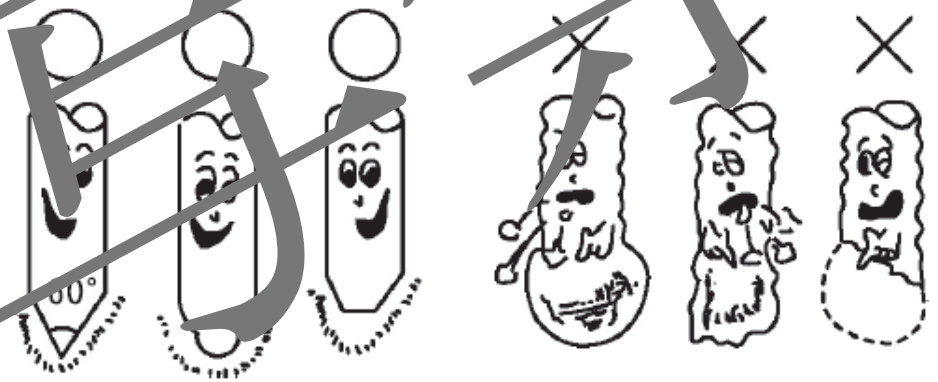
2−2　溶接トーチ使用上のポイント

(1) タングステン電極の管理

タングステン電極の先端形状は溶接結果に大きく影響する。

直流の場合……汚れていたり、消耗したりしていると高周波がとびにくく、又アークの集中が悪くなるので、グラインダー等で研削し先端を鋭角にとがらせる。

交流の場合……台形状にグラインダーがけするか、一旦アークを出して小球を作っておく。



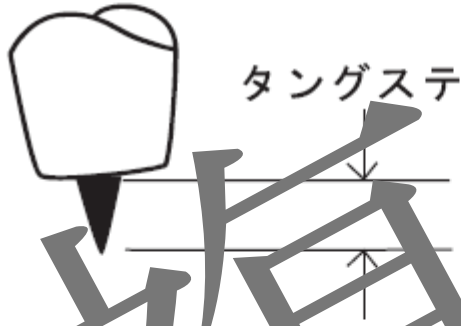
60°尖った棒端（直流）　輝いた丸い棒端（交流）　輝いた台形の棒端（交流）　電流過大不純物付着　母材や溶加棒の汚れ　先端の溶け切り

複写禁止

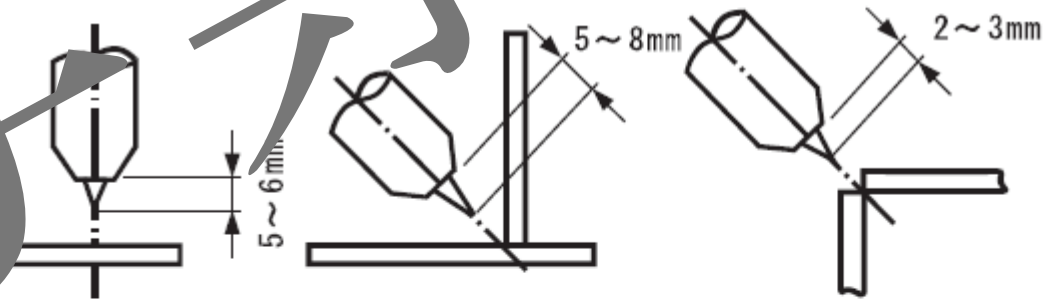
2−2　溶接トーチ使用上のポイント

(2) タングステン電極の突出し長さ

タングステン電極がノズルの先端より突き出してない場合、作業が困難なうえに、ノズルが溶け落ちる場合がある。また長すぎる場合は、ガスシールド効果が悪くなり酸化などの溶接不良となる。



突出し長の目安



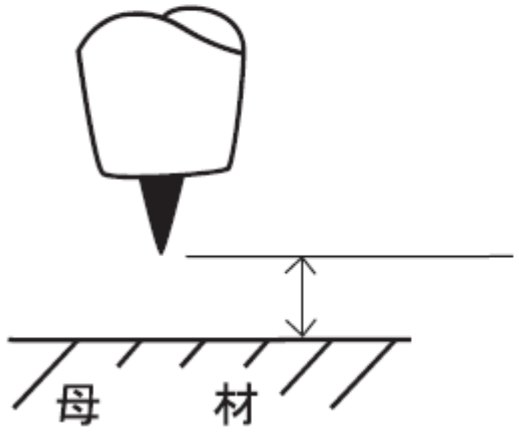
(a)下向溶接　(b)すみ肉溶接　(c)角継手溶接

溶接姿勢と電極突出し長さ

複写禁止

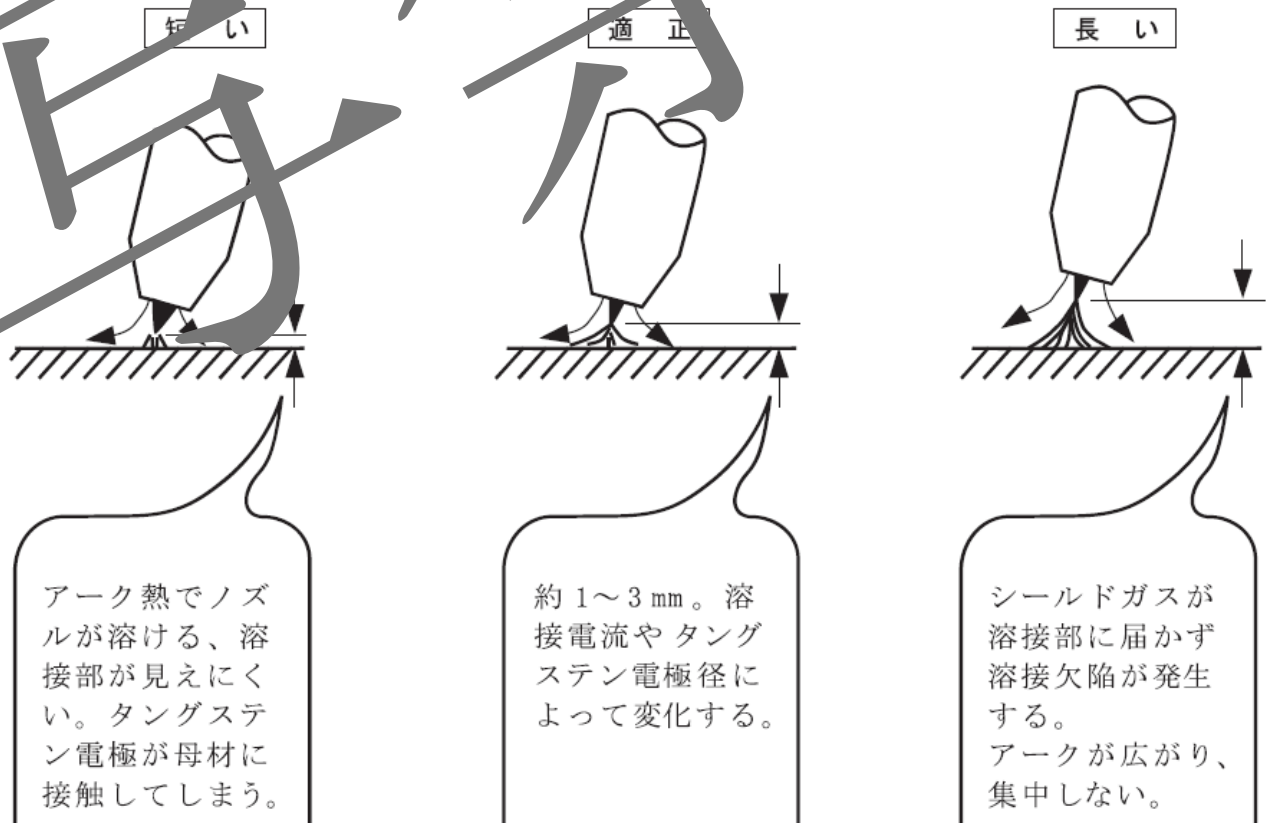
2−2　溶接トーチ使用上のポイント

(3) タングステン電極と母材間距離



溶接の熟練度合はこの間隔が一定に保持できることが重要なポイントである。この距離が変化すると、アーク長が変わりビード形状、溶込みなどに影響を与える。

間隔の目安　板厚×約1～1.5倍　最大6 mm 以下

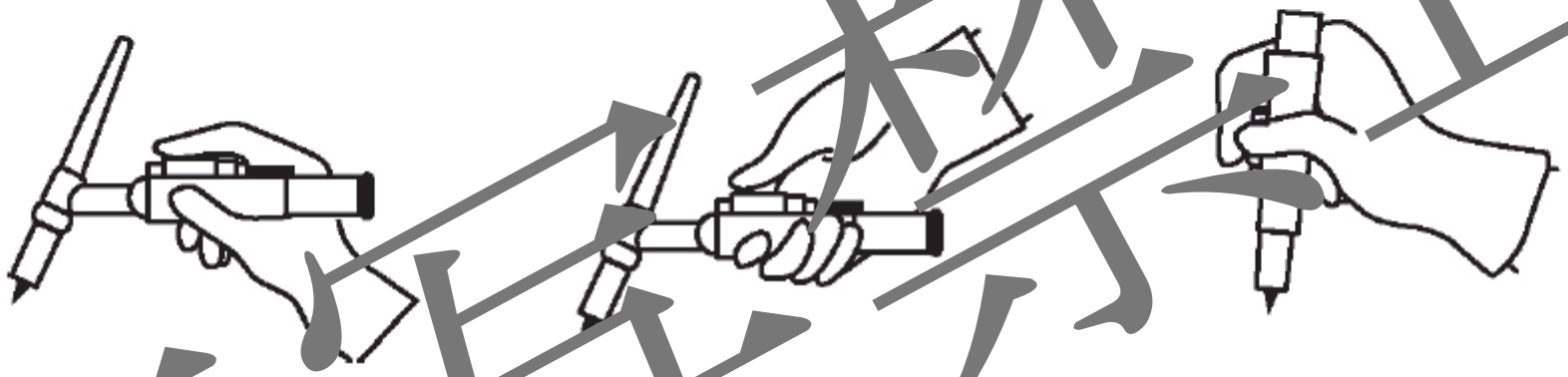


複写禁止

2−2　溶接トーチ使用上のポイント

(4) 溶接トーチの持ち方

溶接トーチの持ち方は開先や継手形状などにより異なるため、そのワークに合った持ち方をする必要がある。



溶接トーチの持ち方

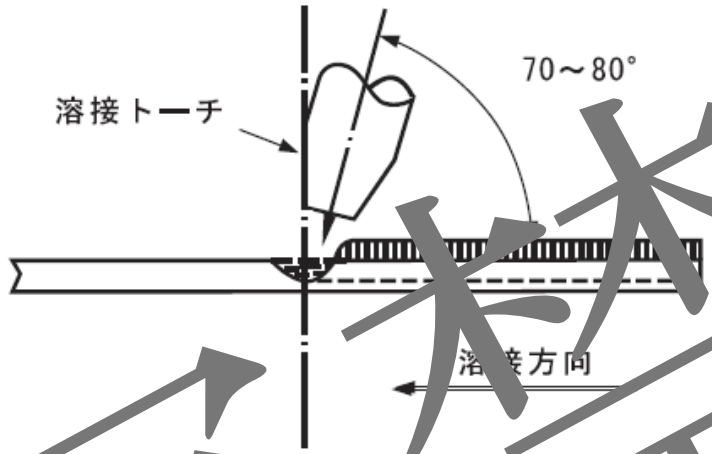
複写禁止

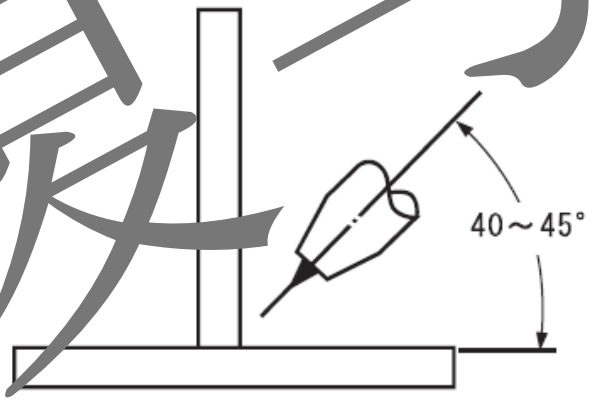
トーチの保持角度

手動の場合は、溶融池を見やすく、また、ガスシールド性をよくするために前進角を用いる。（人による溶接の場合）

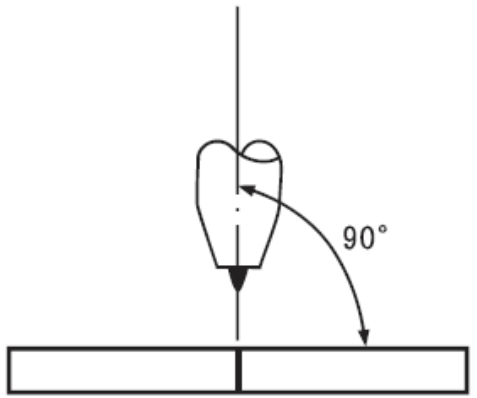
2−2　溶接トーチ使用上のポイント

溶接トーチの保持角度





T形すみ肉



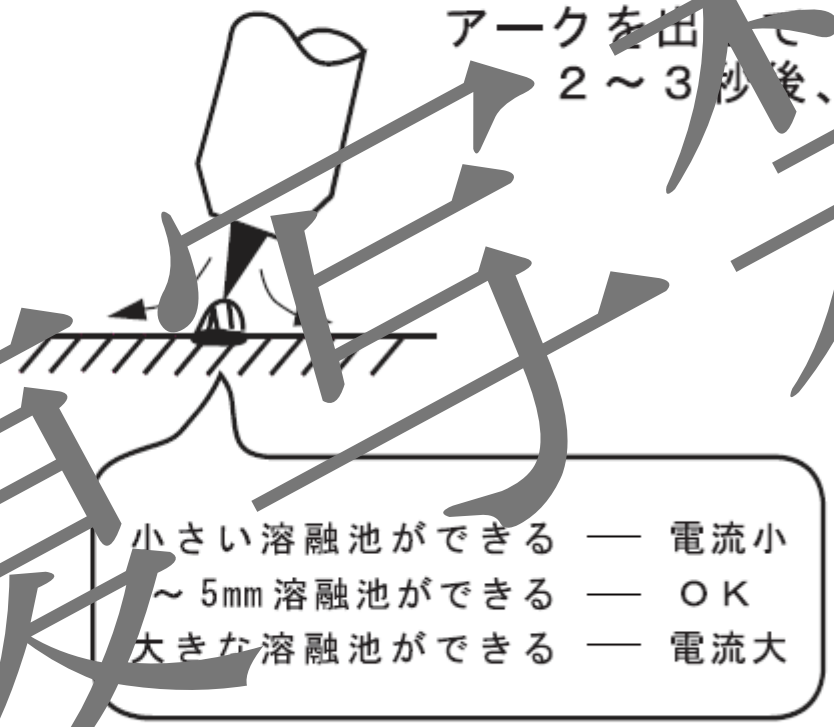
I形突合せ

複写禁止

2−2　溶接トーチ使用上のポイント

(5) 適正電流値

溶接条件は板厚、材質、溶接形状等で異なり、溶接条件表を参考に適正な条件を選定する。



電流値の目安

複写禁止

2−2　溶接トーチ使用上のポイント

(6) 溶融池の見方

アークスタート後アーク中心部を見ると、母材が溶け輝いた部分が現れる。この輝いた部分が溶融池であり、電流値が大きくなるほど早く形成される。この溶融池の大きさを一定にしながら進行すると均一なビード外観が得られる。

大電流の場合

小電流の場合

複写禁止

2−2　溶接トーチ使用上のポイント

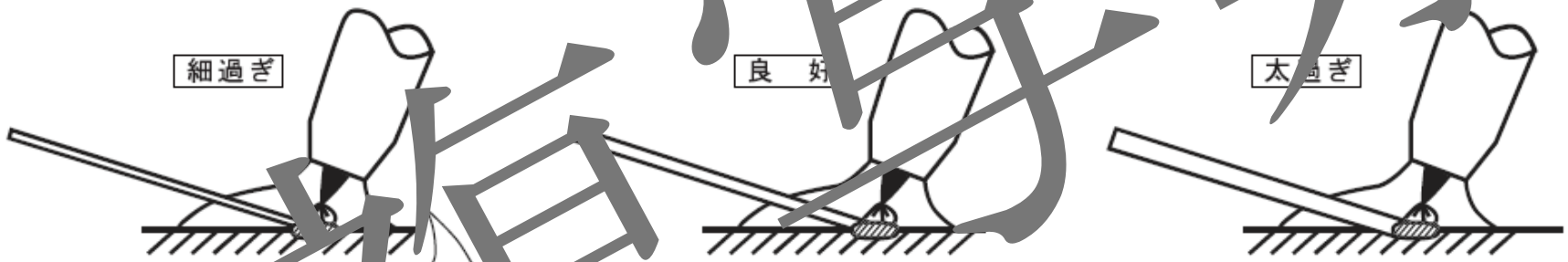
(7) 共付溶接

お互いの金属を溶かしながら溶接する方法で、余盛は出来ない。
一般的には１mm以下の板厚、またはヘリ形状の継手に多く用いられる。

溶加棒の操作

溶接部の強度を得る場合は、溶融池の中に適量の溶加棒の挿入が必要であり、またそのほかギャップがある場合、すみ肉形状などでは必ず必要とされる。基本的にはこの操作ができれば一人前と言われており、修得するには相当な量の練習が必要である。

溶加棒の太さ



溶融部に届く前にアーク熱で溶けて母材の上に転がる。

溶融が不安定でビードが不規則になる。また、電極にショートする。

溶加棒径選択の目安

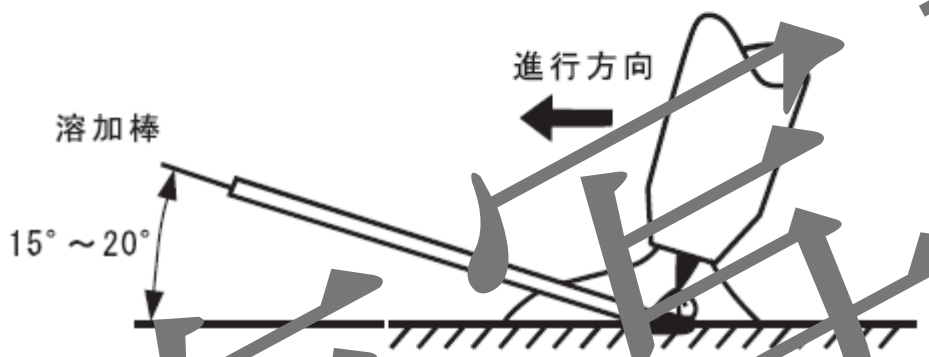
溶接電流（A）	溶加棒径（mmφ）
１０～２０	０～1.０
２０～５０	０～1.６
５０～１００	1.０～2.４
１００～２００	1.６～3.０
２００～３００	2.４～4.５
３００～４００	3.０～6.４
４００～５００	4.５～8.０

複写禁止

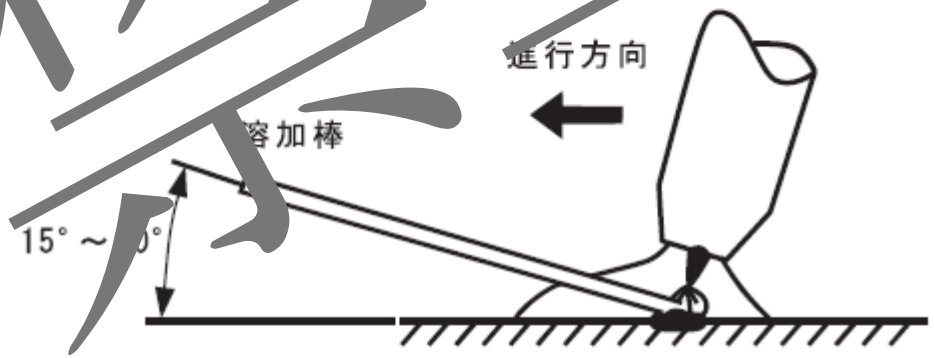
2−2　溶接トーチ使用上のポイント

(8) 溶加棒の挿入方法

良い例　：溶融池の端に入れる



悪い例　：アークの真ん中へ入れる



①溶加棒をアークの熱で溶かすのでなく必ず溶融池の熱で溶かす
②溶加棒は適度なリズムで出し入れする
③溶加棒の角度は15～20°
④シールドガス雰囲気中で出し入れする

模写禁止

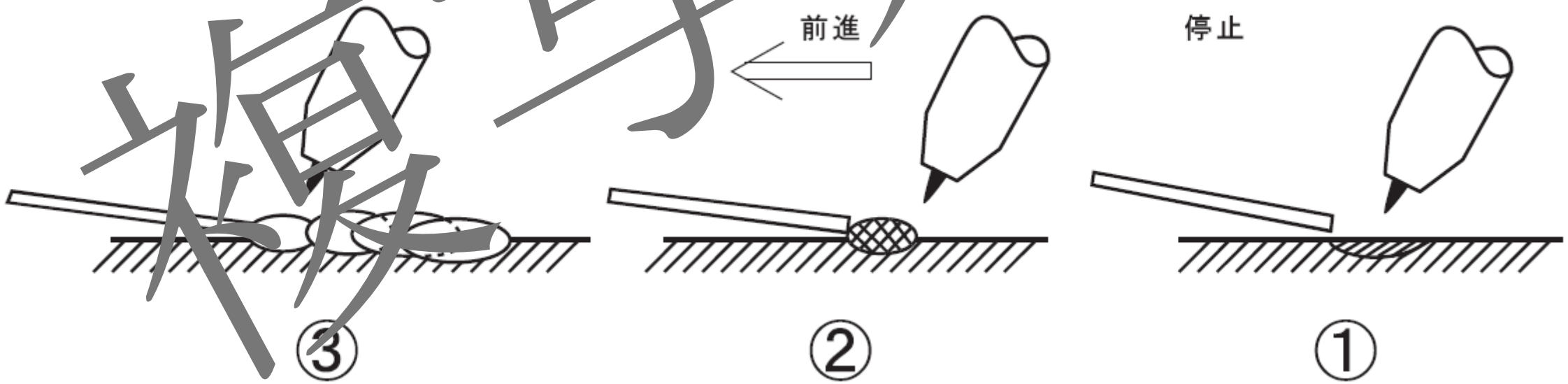
2−2　溶接トーチ使用上のポイント

(9) ビード置ポイント

①溶接開始点をアーク熱により十分加熱して、溶融池が適切な大きさに形成された後、溶加棒を挿入する

②挿入された溶加棒により溶融池が盛上り、目的とする高さとなったところで溶加棒の挿入を停止する。

③トーチを前進させて①、②の動作を繰り返し、連続した溶接を行っていく。



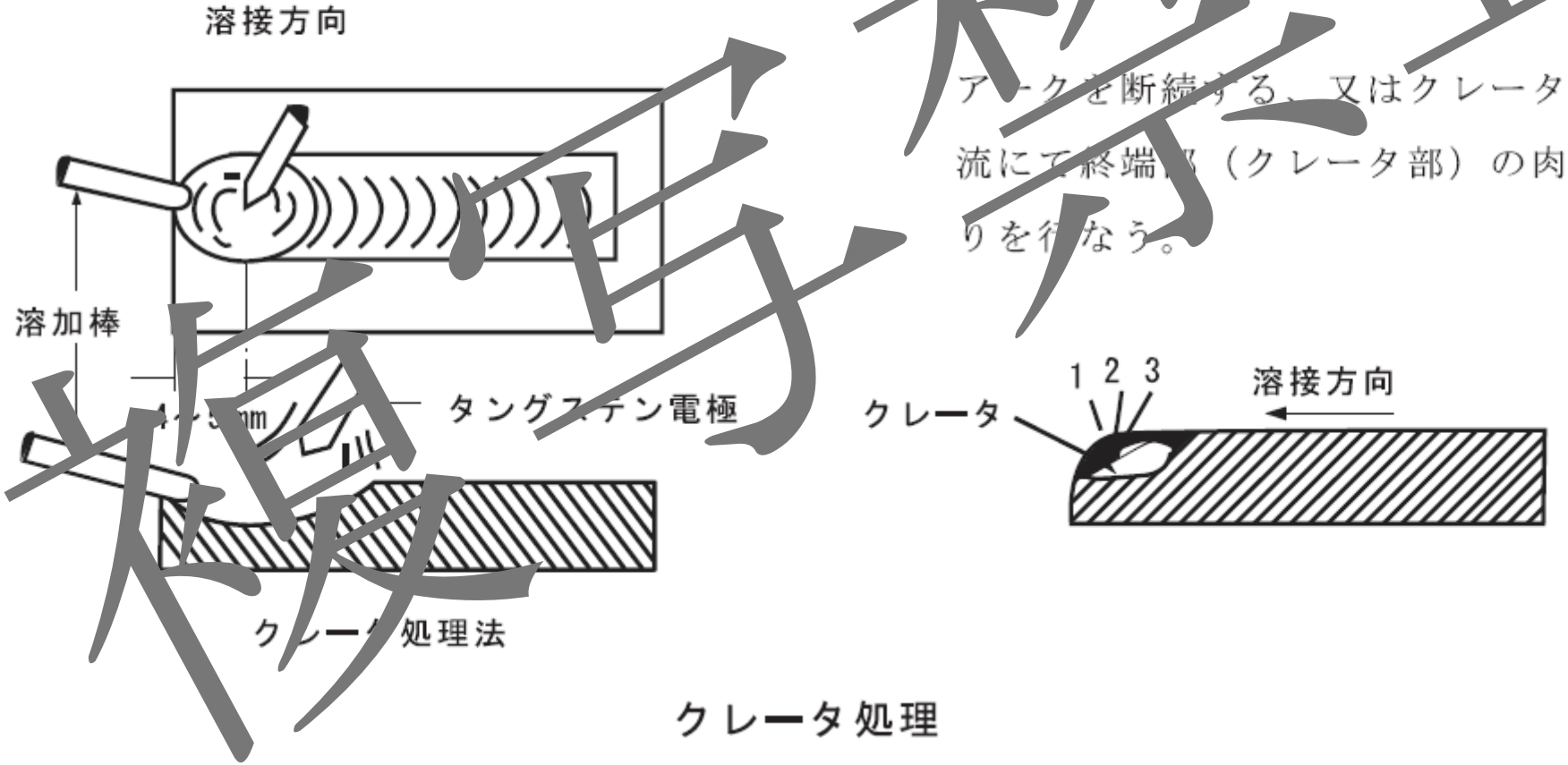
複写禁止

2−2　溶接トーチ使用上のポイント

(10) クレータ処理とビードの継ぎ方

クレータ部やビード継ぎ部は、外観不良や溶接欠陥の原因となり易いので、適切な処理が必要である。

○クレータ処理



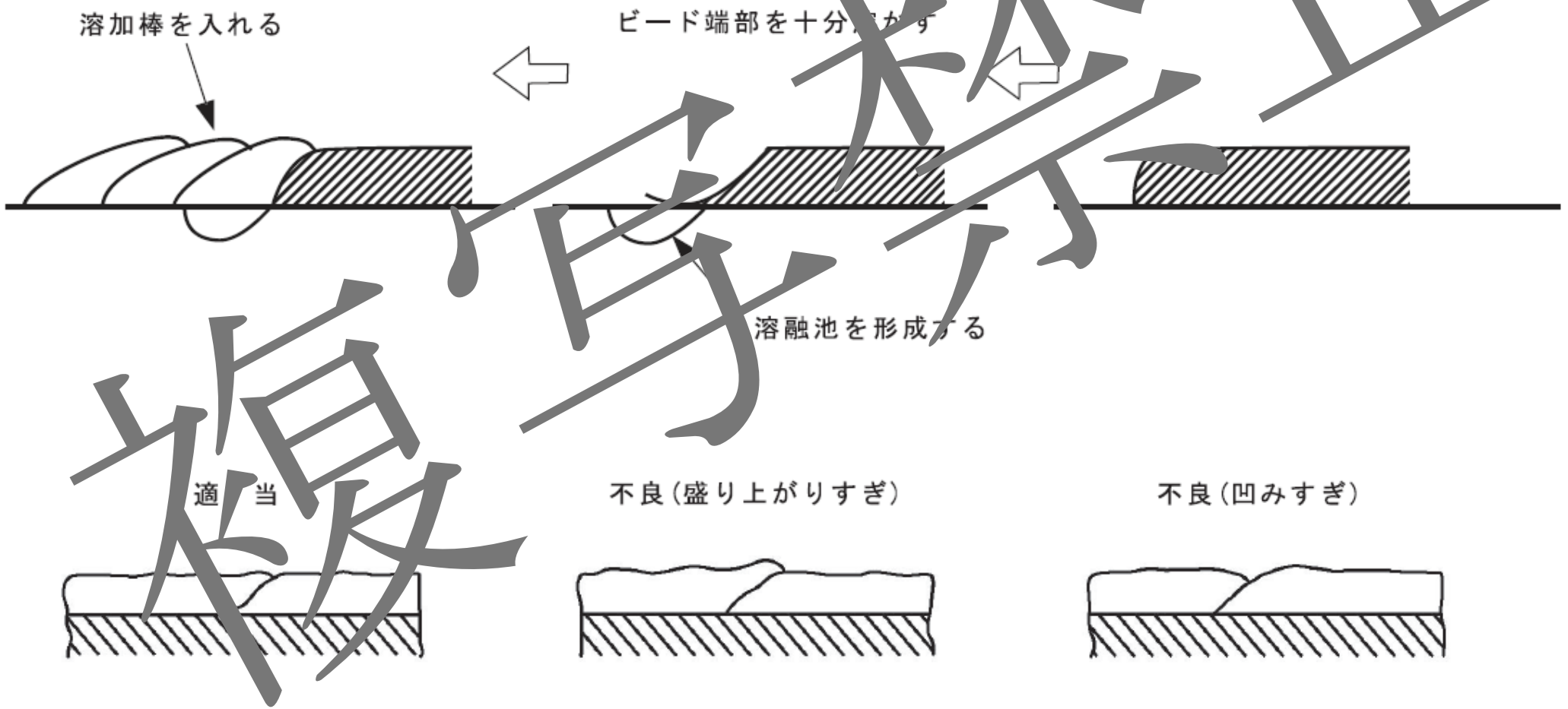
クレータ処理

複製禁止

2−2　溶接トーチ使用上のポイント

○ビード継ぎ

ビード継ぎ部を十分溶かし溶融池を形成した後トーチを若干進め溶加棒を押入する。



ビード継目の状態

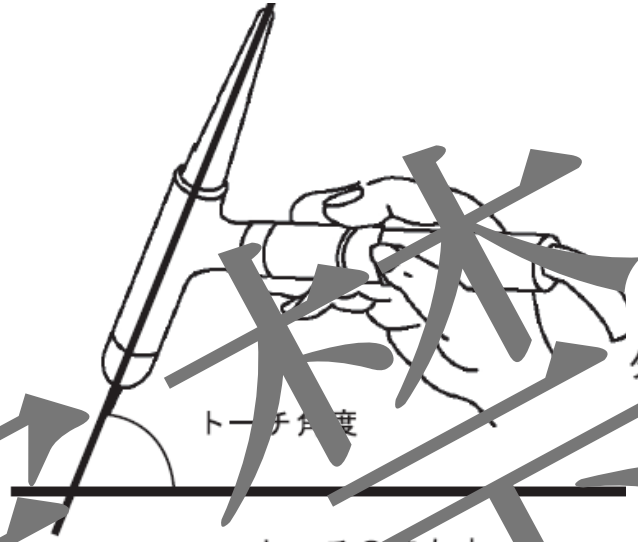
複写禁止

2−3　各種継手の溶接ポイント

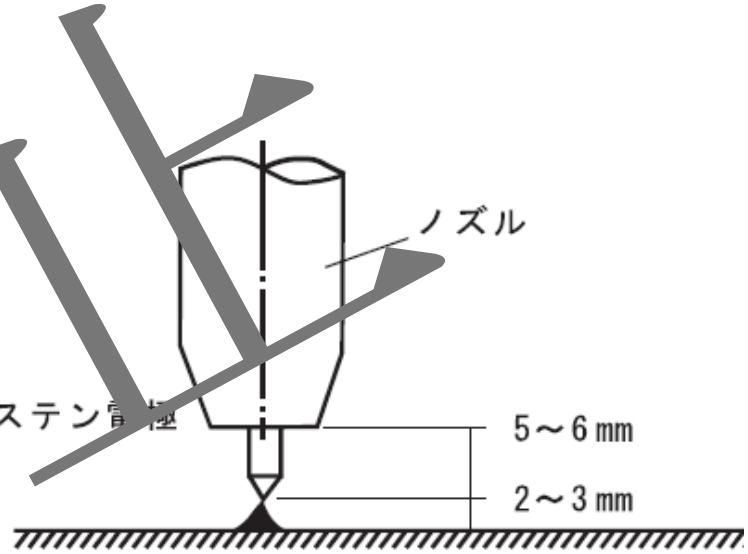
(1) 突合せ継手の施工

留意点

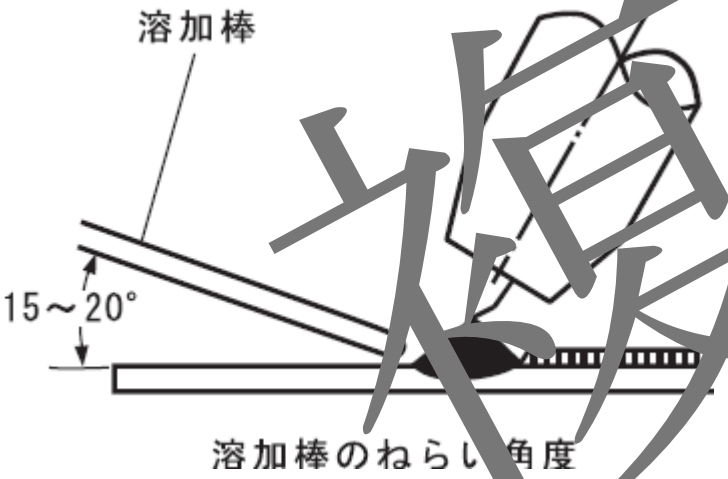
1. トーチ角度（側面）を大きく取りすぎるとビードが蛇行しやすい。
2. 溶接電流値は他の形状より少し低くする方がよい。
3. トーチの手振れを防止するため、比較的軽量な空冷トーチの使用が望ましい。



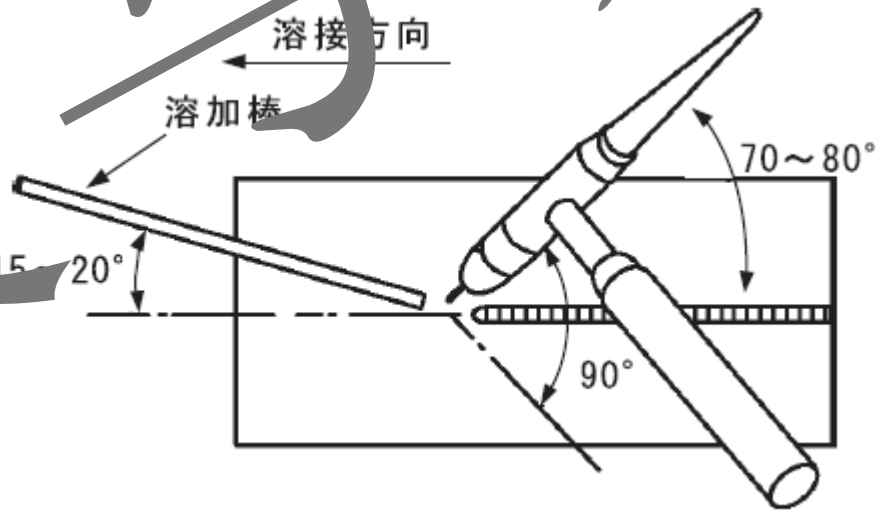
トーチの持ち方

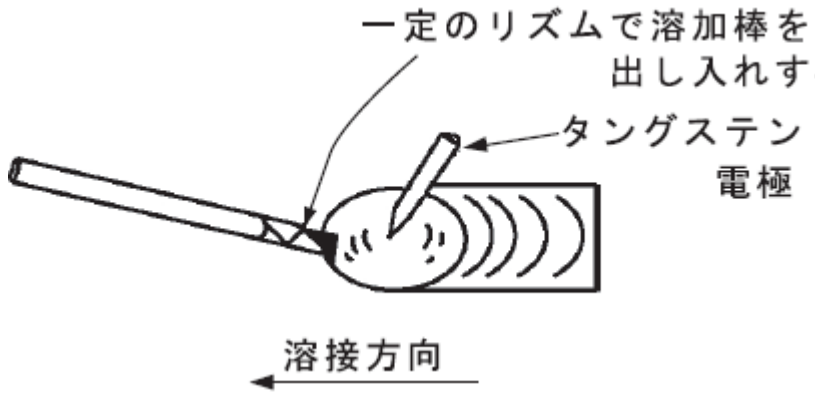


タングステン電極先端形状、突出し長さ



溶加棒のねらい角度



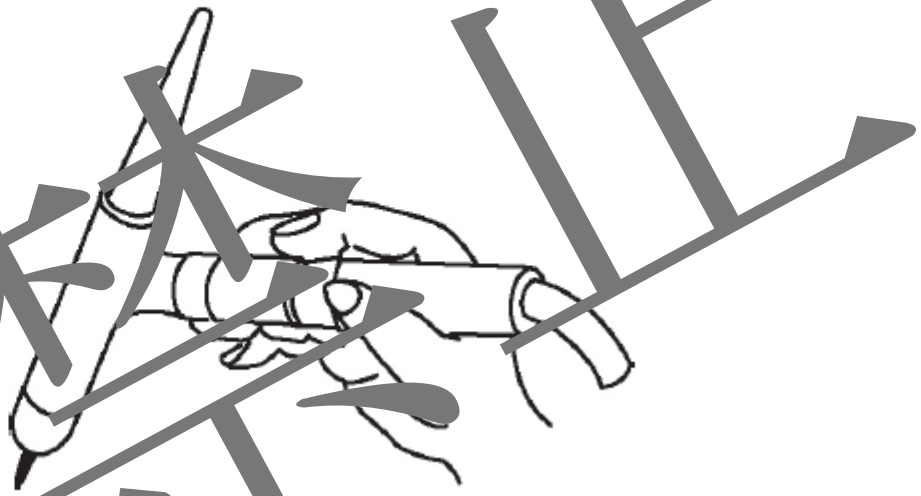


複写禁止

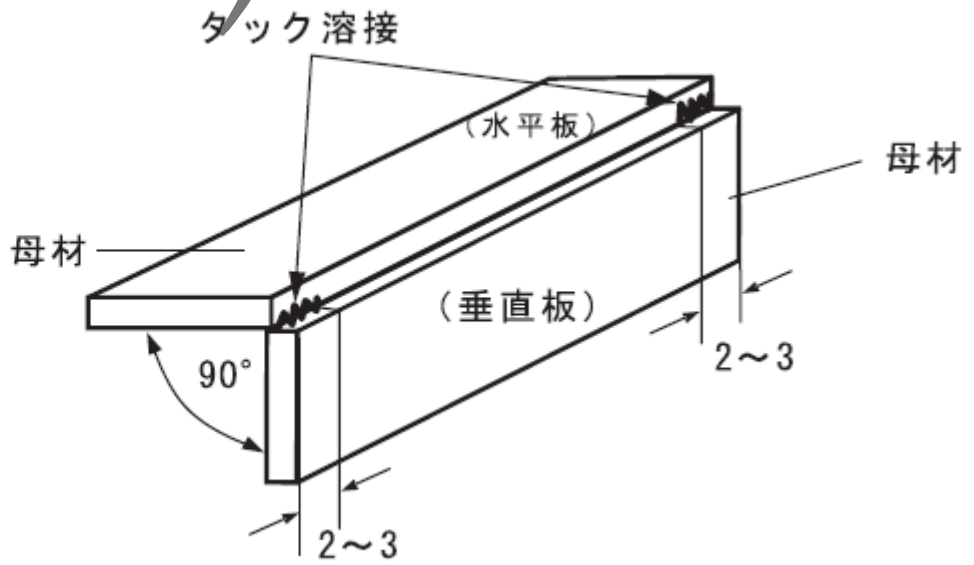
(2) 角継手の施工

留意点

1. 電極の突出し長を長くするとシールド不良が起きやすい。
2. 組み合わせた母材がずれると、アンダーカット及びオーバーラップが発生しやすい。
3. 溶加棒の挿入は少し多い目にすると溶け落ちにくい。
4. スタート位置は板端から数ミリ(2～3 mm)ほど中に入ったところでアークを発生させると角の溶け落ちが少ない。



トーチの持ち方

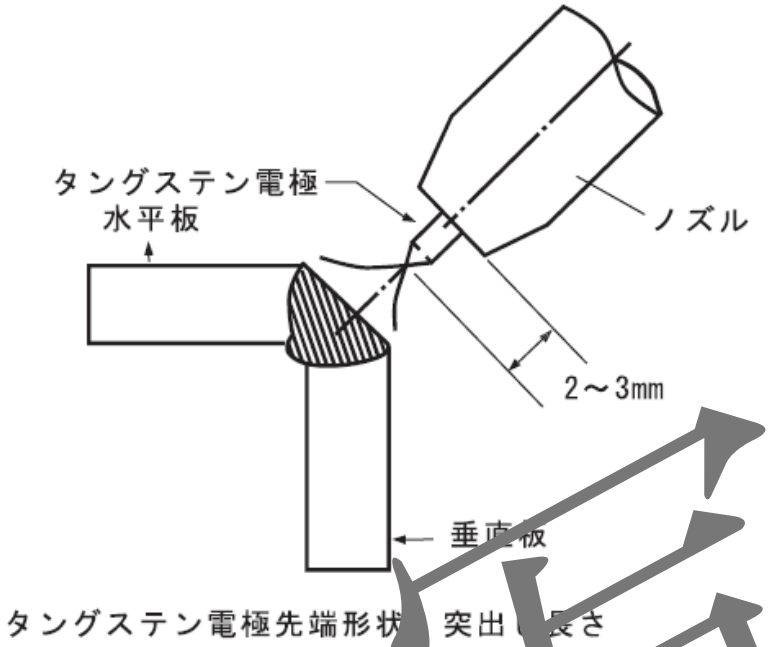


母材の組立とタック溶接位置(板厚3.2 mm以下の場合)

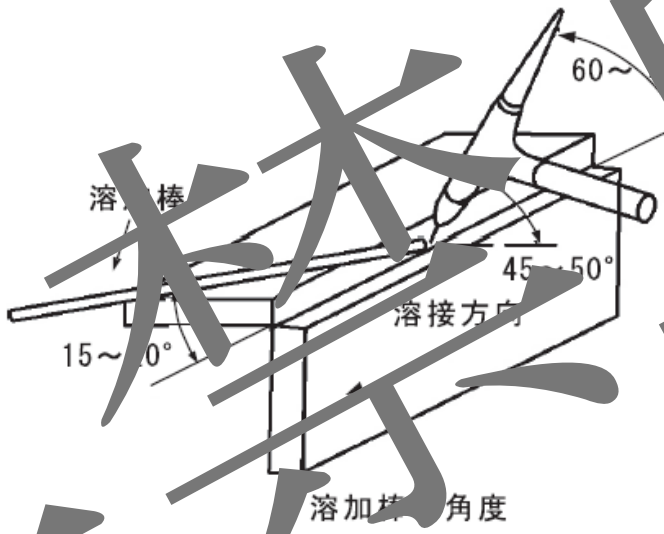
複写禁止

2−3　各種継手の溶接ポイント

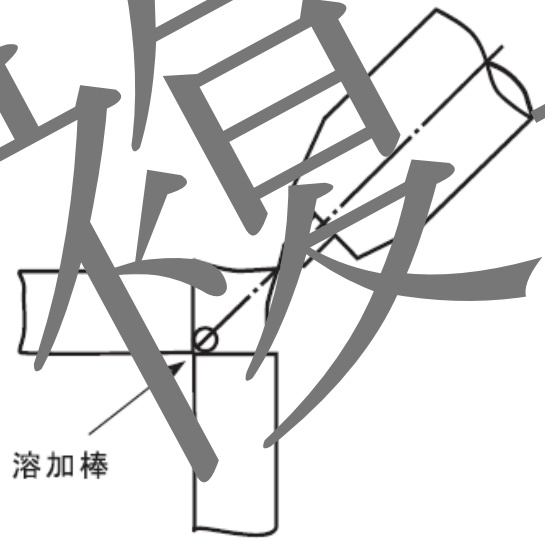
(2) 角継手の施工

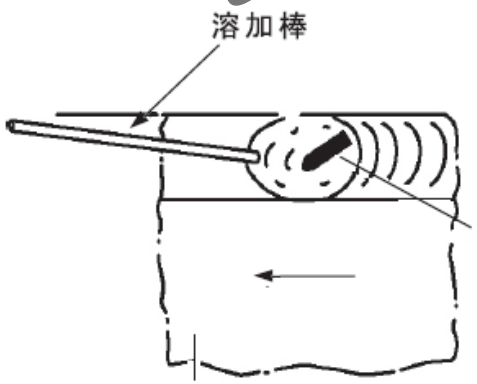


タングステン電極先端形状　突出し長さ

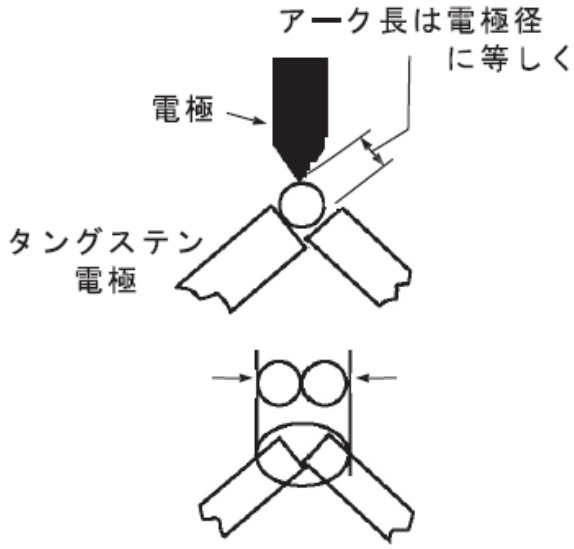


溶加棒　角度





溶加棒のねらい位置



ビード幅は電極径の約２倍

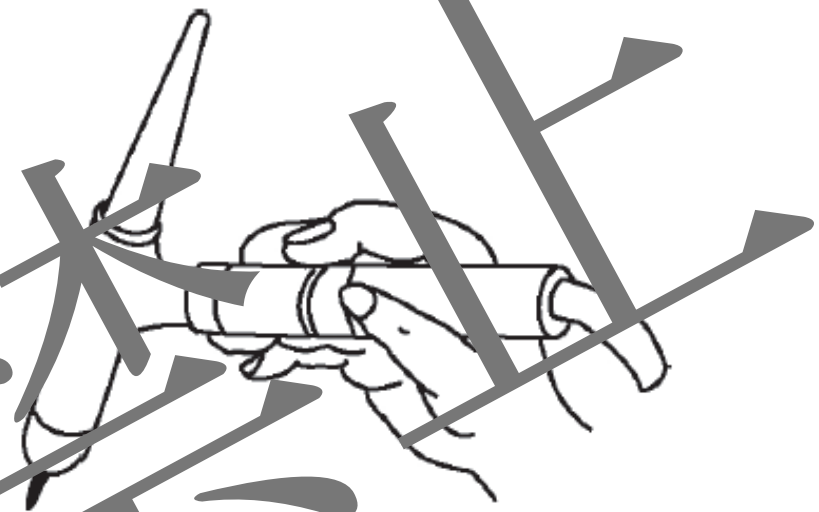
複写禁止

2−3　各種継手の溶接ポイント

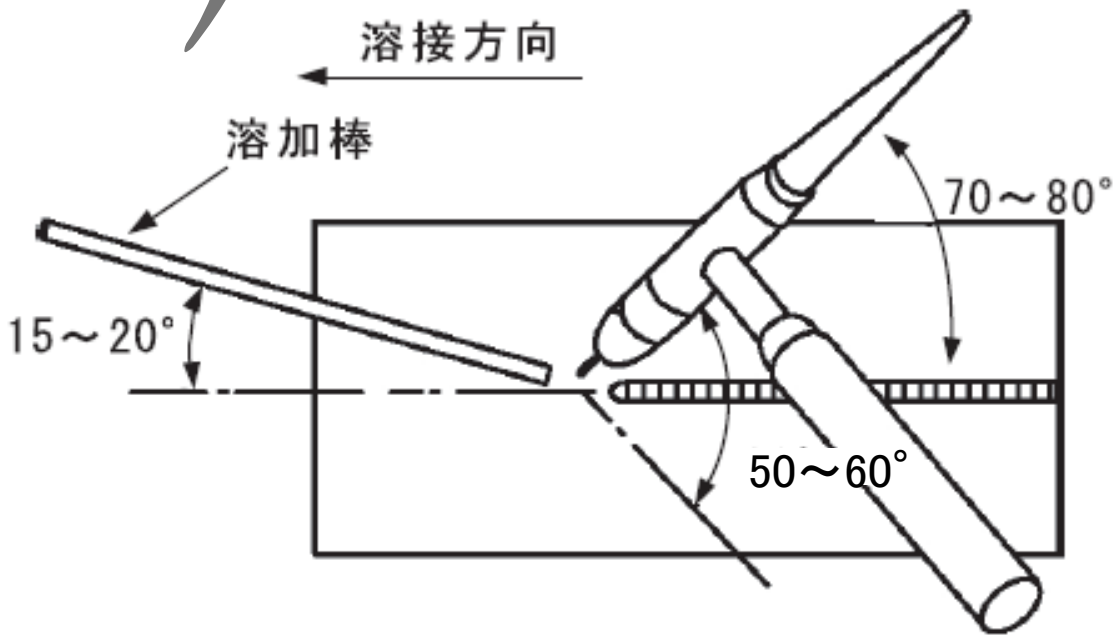
(3) 重ね継手の施工

留意点

1. 板厚が比較的薄い場合は溶加棒を用いず溶接できる。この場合、重ね合せ面にギャップがないようにすることが重要。
2. アーク長は使用電極径とほぼ等しくし、ビード幅が使用電極径の約2倍になるようなスピードで溶接する。
3. 溶加棒を使用する場合は電極径の2.5～3倍のビード幅になるようにし、溶融池の上板側から溶加棒を挿入するとアンダーカットが防げる。



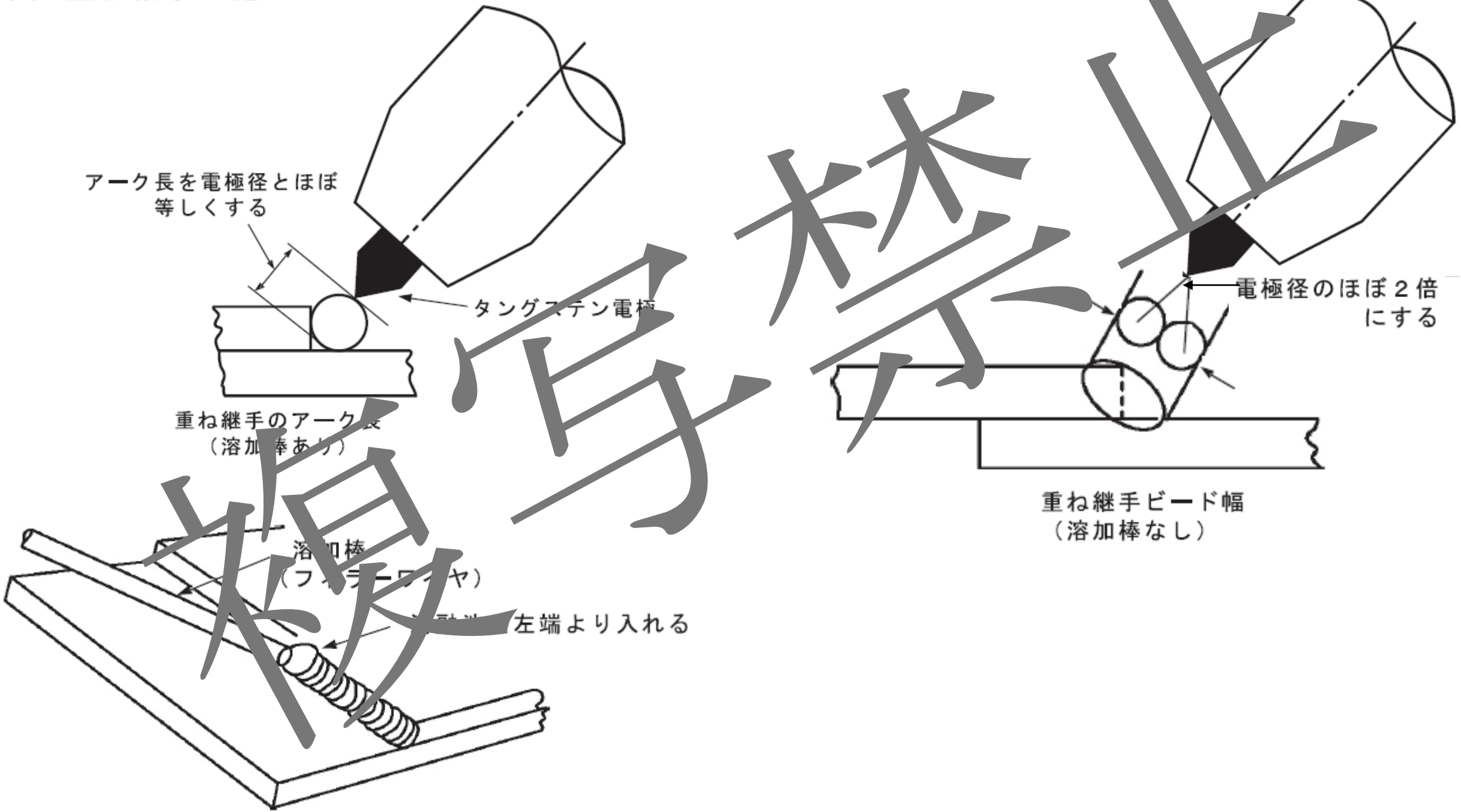
トーチの持ち方



複写禁止

2−3　各種継手の溶接ポイント

(3) 重ね継手の施工



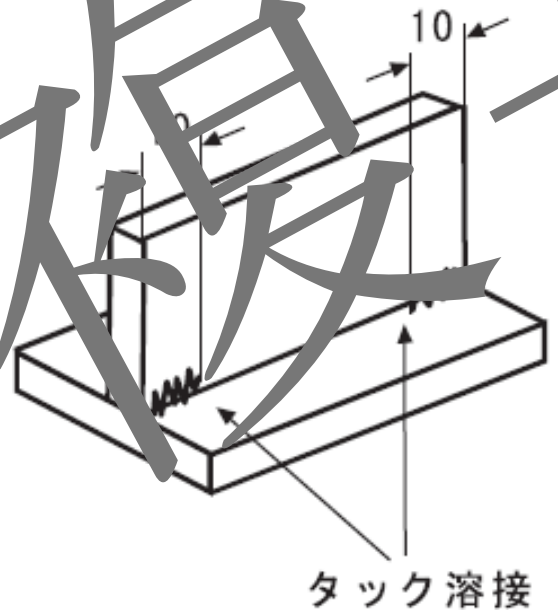
複写禁止

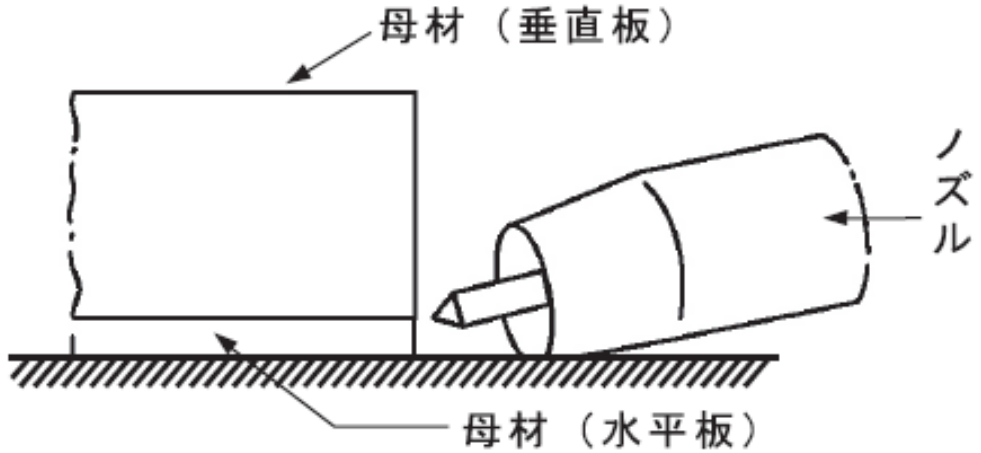
2−3　各種継手の溶接ポイント

(4) Ｔ継手の施工

留意点

1. 電極～母材間が長くなるとビードができない
2. ルート部を極力溶かすこと
3. トーチ角度（側面）が大きくならないこと
4. 溶融池ができてから溶加棒を挿入すること





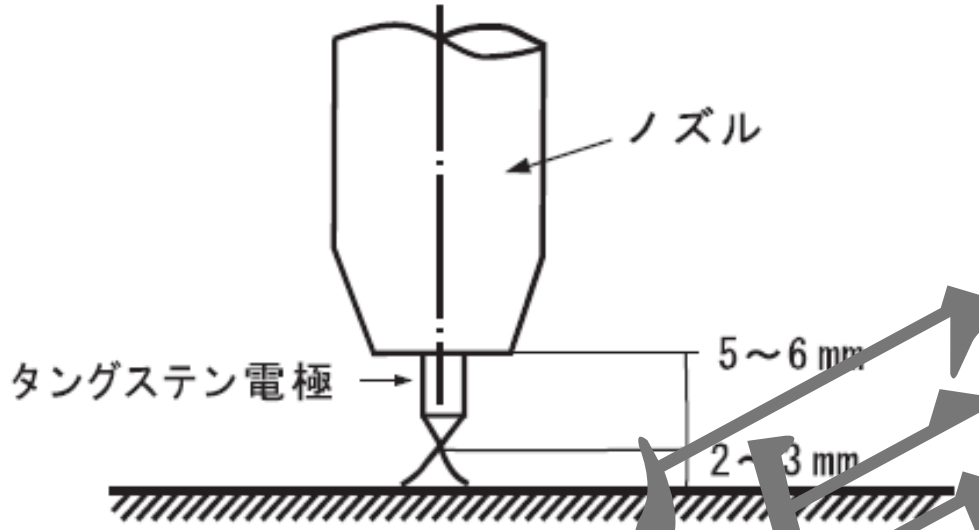
仮付け時のトーチの当て方

トーチの持ち方

複写禁止

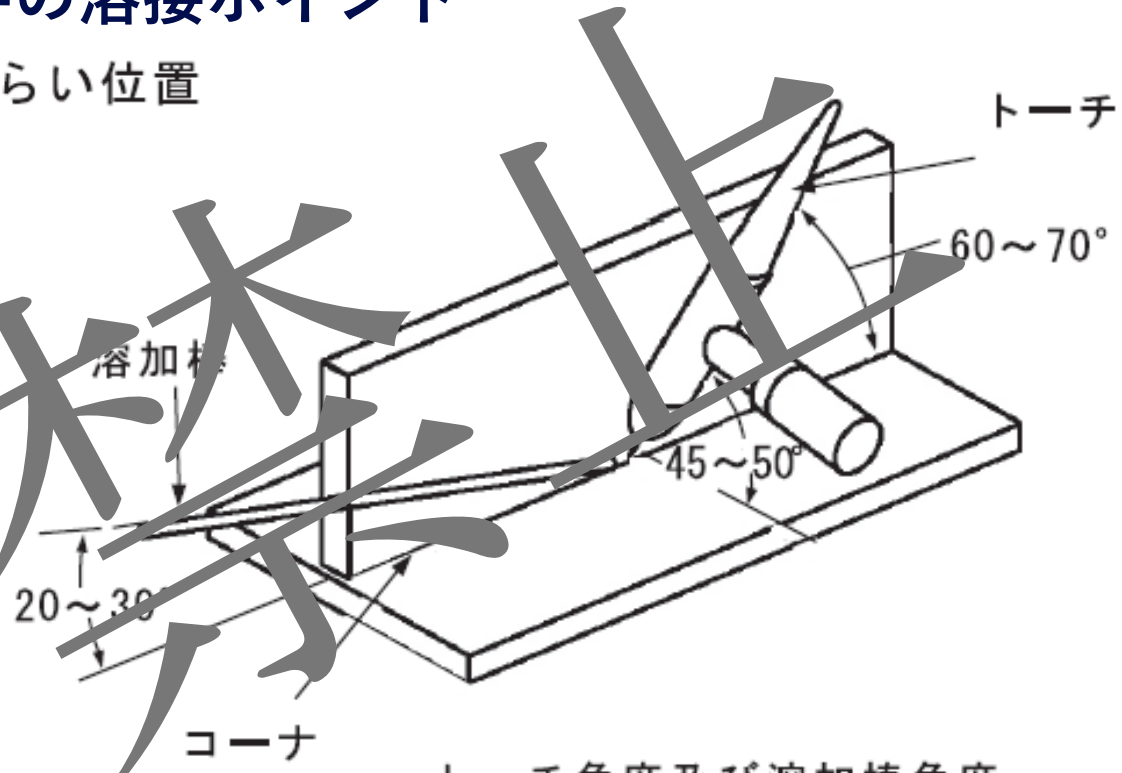
2−3　各種継手の溶接ポイント

(4)　T継手の施工

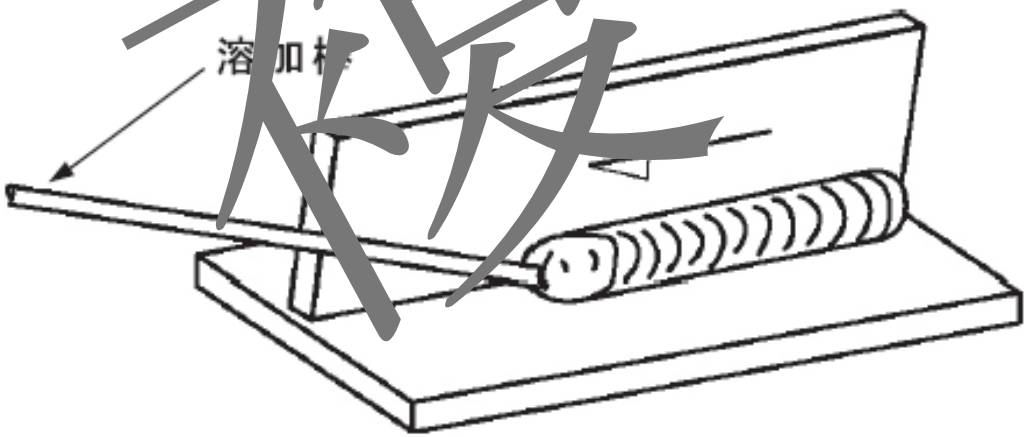


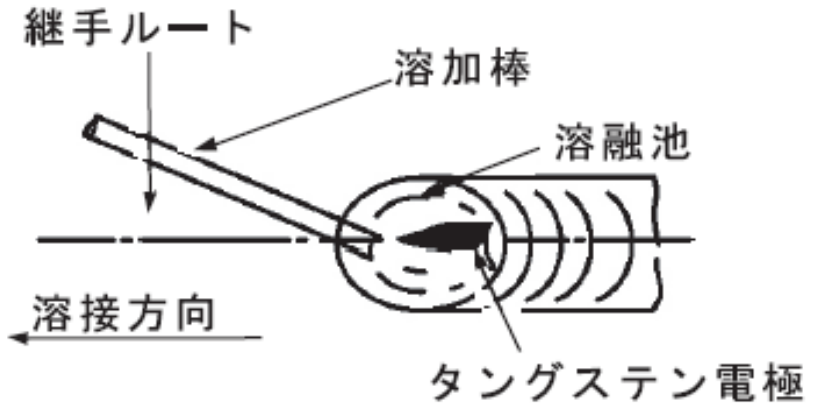
タングステン電極先端形状、突出し長さ
（継手形状により突出し長さは可変）

溶加棒のねらい位置



トーチ角度及び溶加棒角度



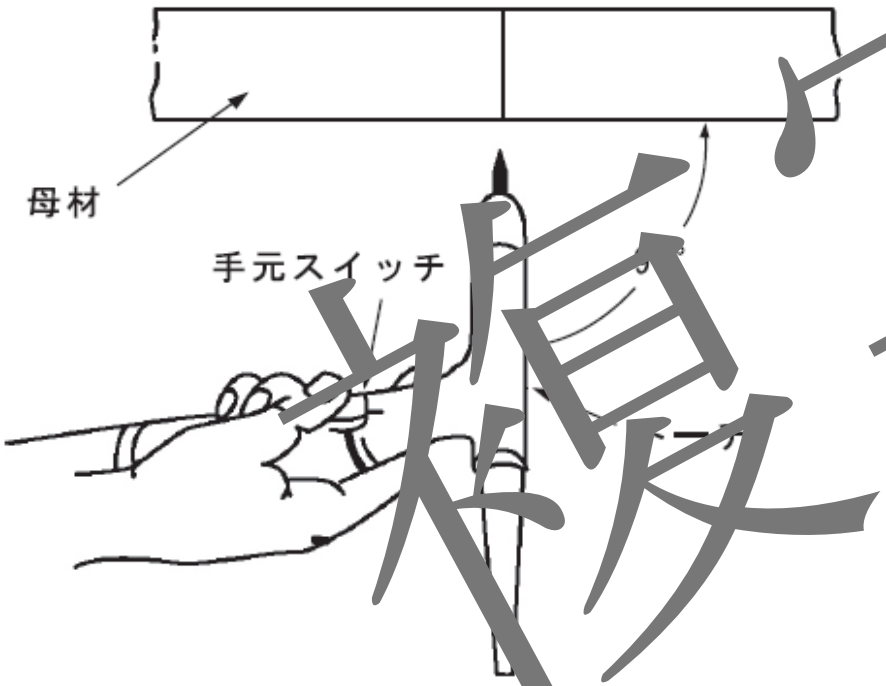


複製禁止

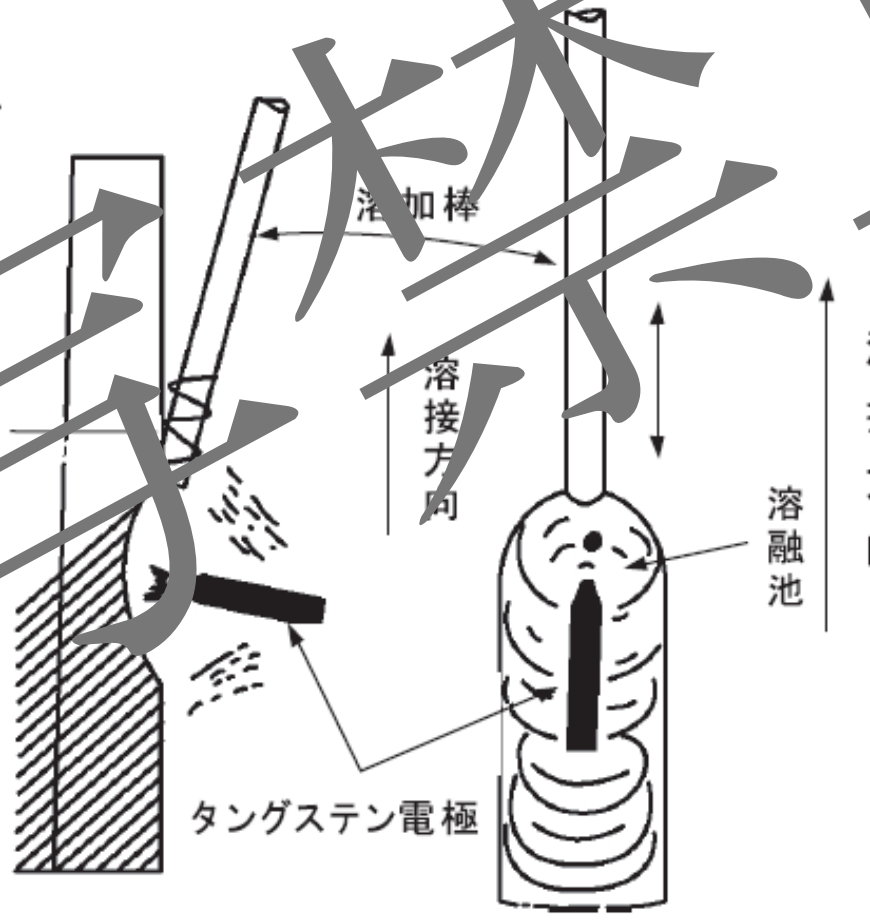
2−4　各種溶接姿勢の施工ポイント

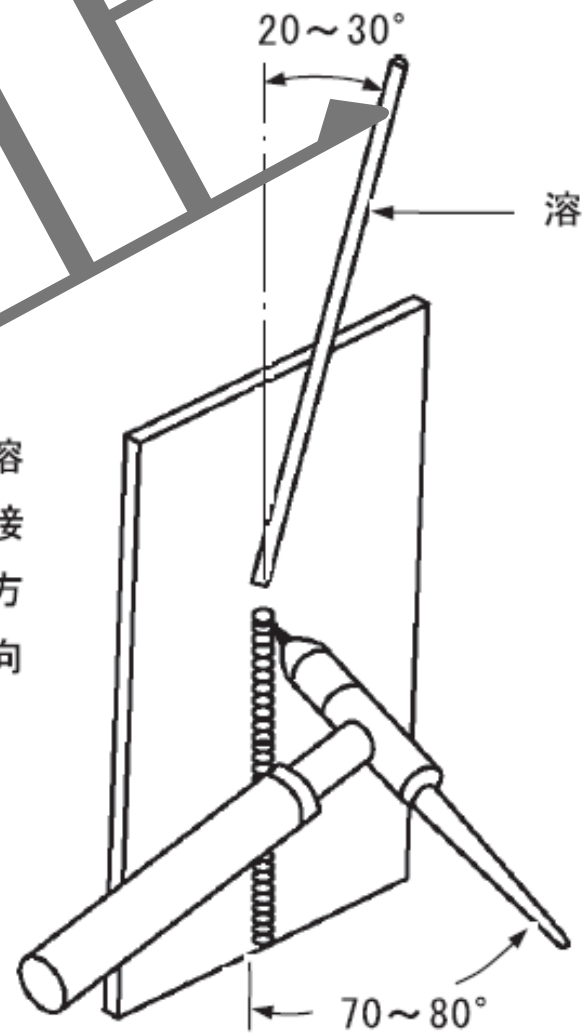
(1) 立向い溶接の施工

1. 重力の影響、溶融金属の流れ方が下向溶接と異なるのでビード両止端部のアンダーカットに注意を要す。
2. またビード外観も凸形になりやすいので、溶融池の大きさに十分な注意が必要。



トーチの持ち方、母材面に対するトーチ角度





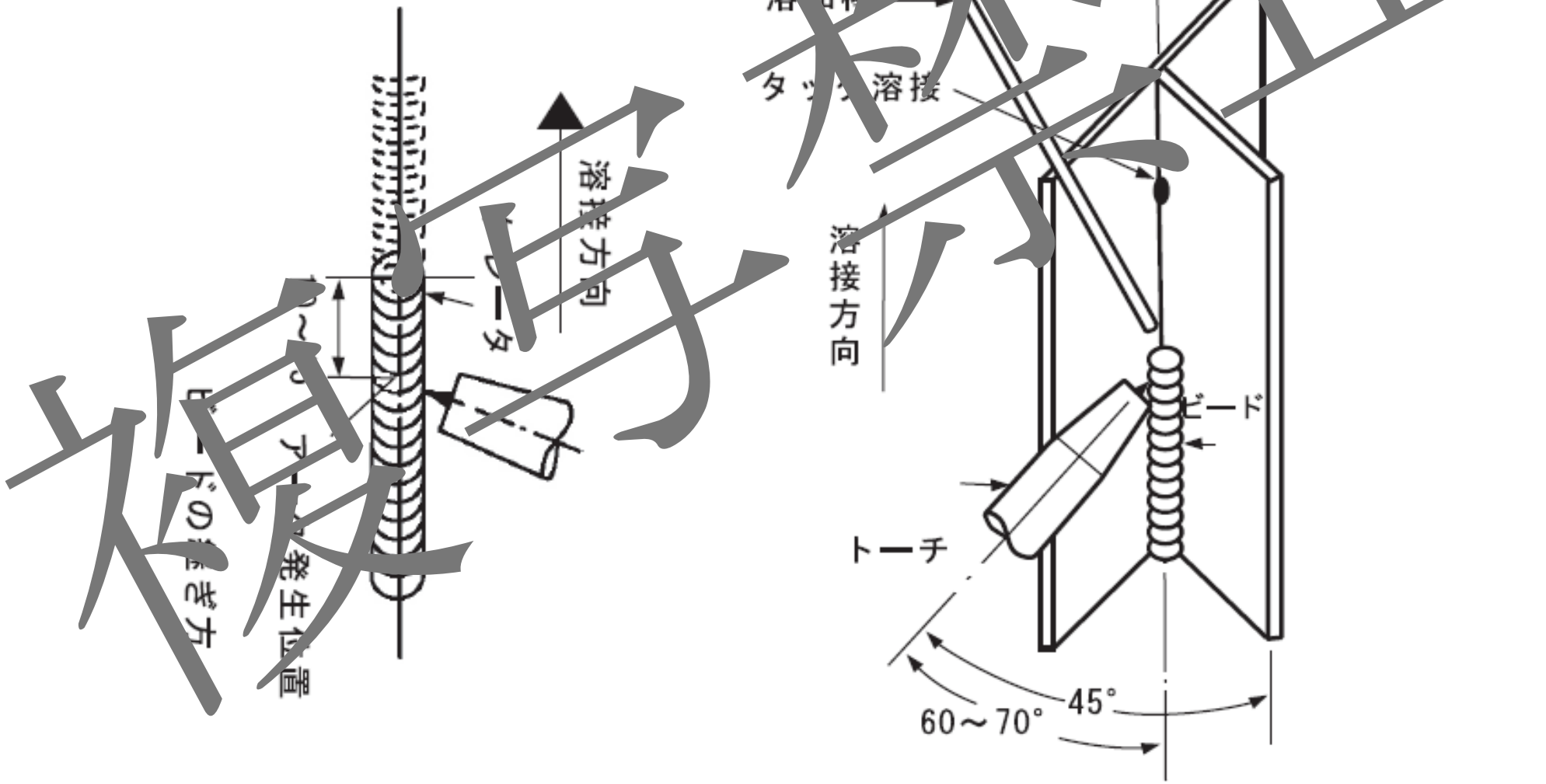
溶加棒のねらい位置と運棒法

複製禁止

2−4　各種溶接姿勢の施工ポイント

(1) 立向い溶接の施工

＜すみ肉形状＞



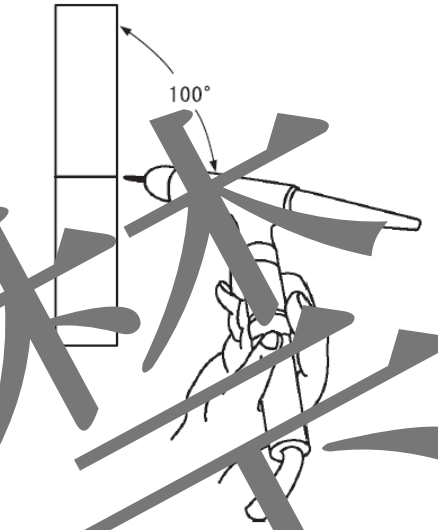
複製禁止

2−4　各種溶接姿勢の施工ポイント

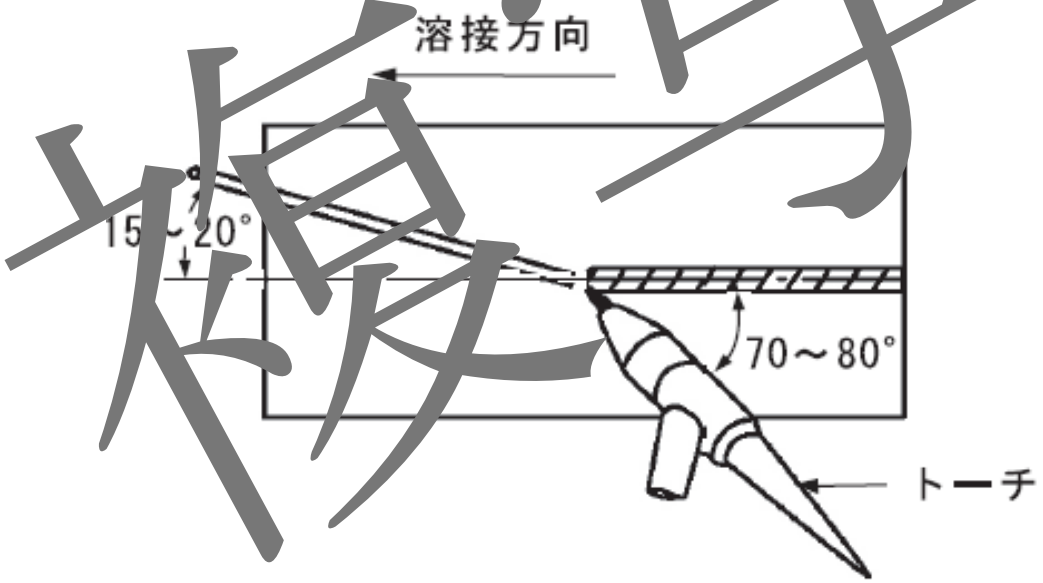
(2) 横向き溶接の施工

＜突合せ形状＞

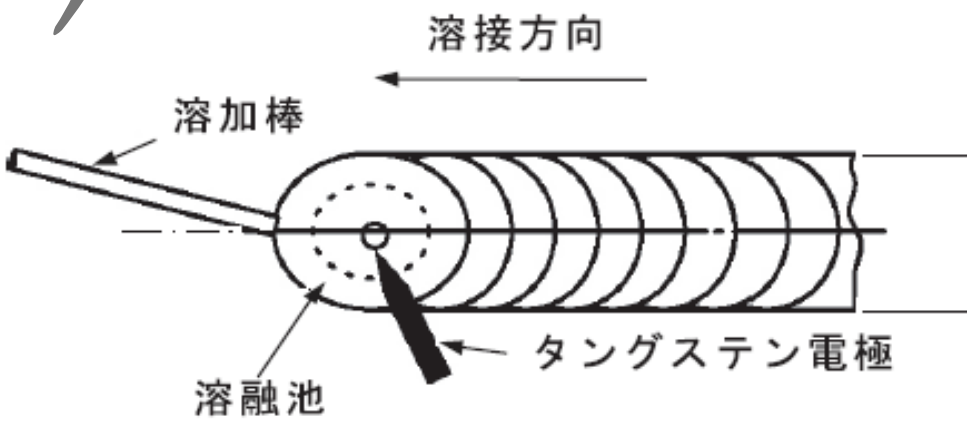
1. 立向溶接(上進)と同様重力の影響があり、上止端部にアンダーカット、下止端部にオーバーラップが発生しやすい。
2. また、トーチ角度を100°としているのは溶融金属の垂れ下がり防止を目的としている。



トーチの持ち方（母材に対するトーチ角度）



進行方向に対する角度



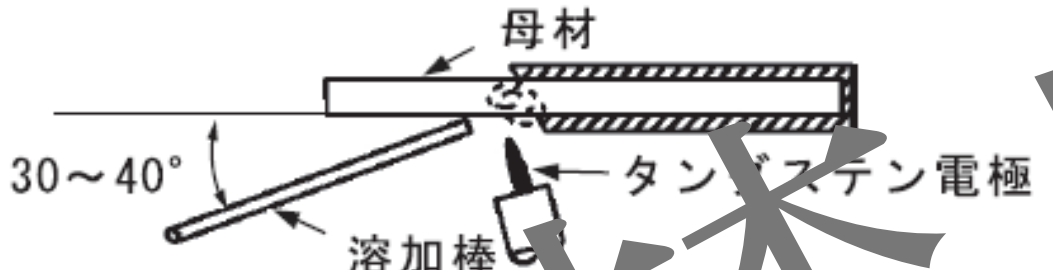
溶加棒の先端位置

複写禁止

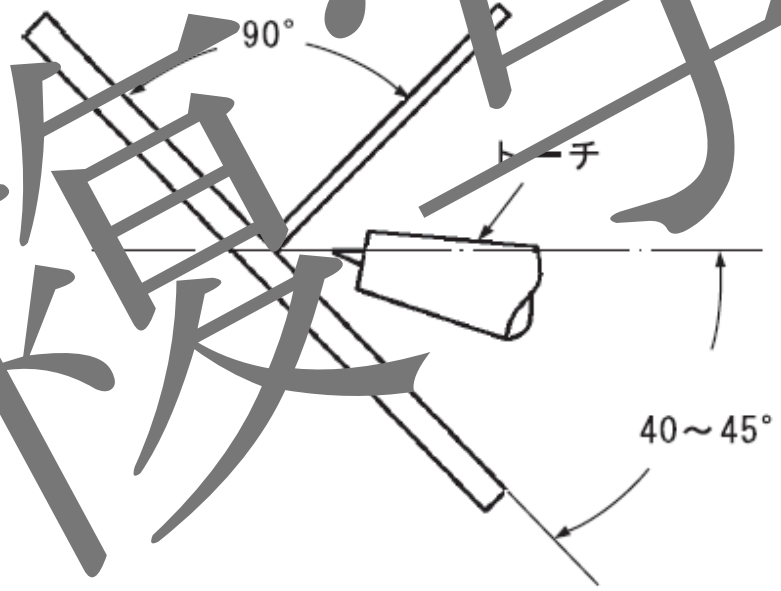
2−4　各種溶接姿勢の施工ポイント

(2) 横向き溶接の施工

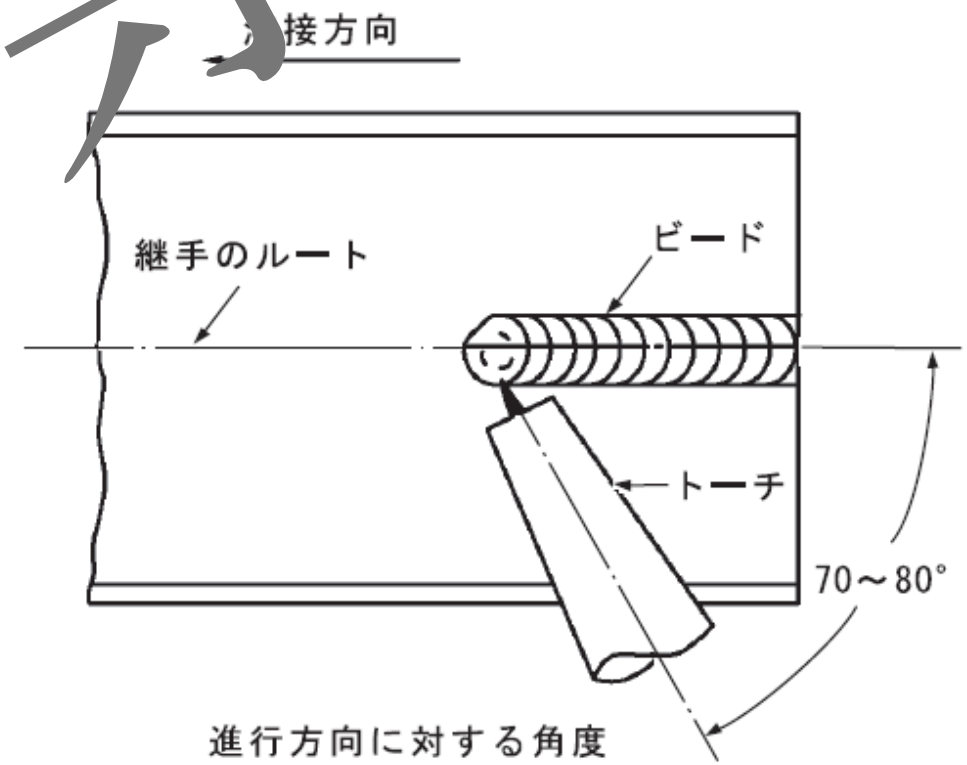
＜すみ肉形状＞



溶加棒の角度



母材面に対する角度



進行方向に対する角度

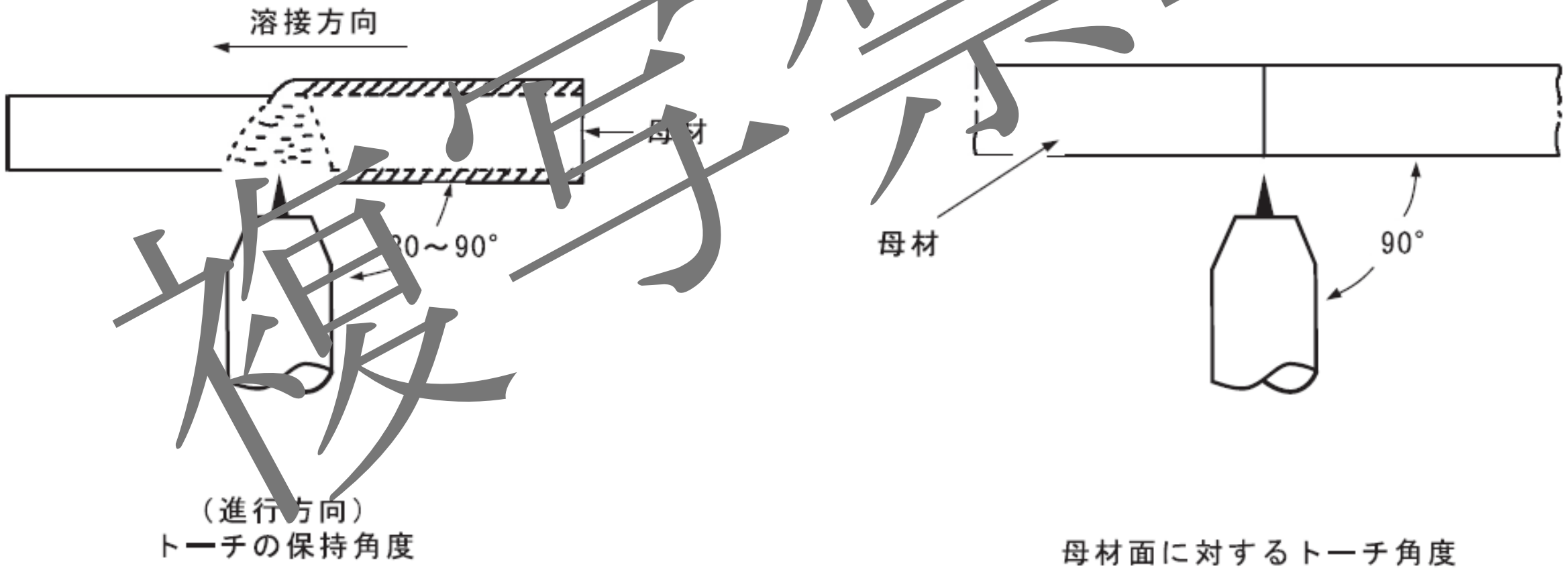
複写禁止

2−4　各種溶接姿勢の施工ポイント

(3) 上向き溶接の施工

＜突き合せ形状＞

上向溶接は各溶接姿勢中、最も姿勢が窮屈なため、溶融池の観察が不十分となり、溶加棒の操作、トーチ操作を均一に保持することが難しい。また重力の影響も立向、横向に比べて顕著となる為、まず安定した溶接姿勢の確保が重要なポイントとなる。

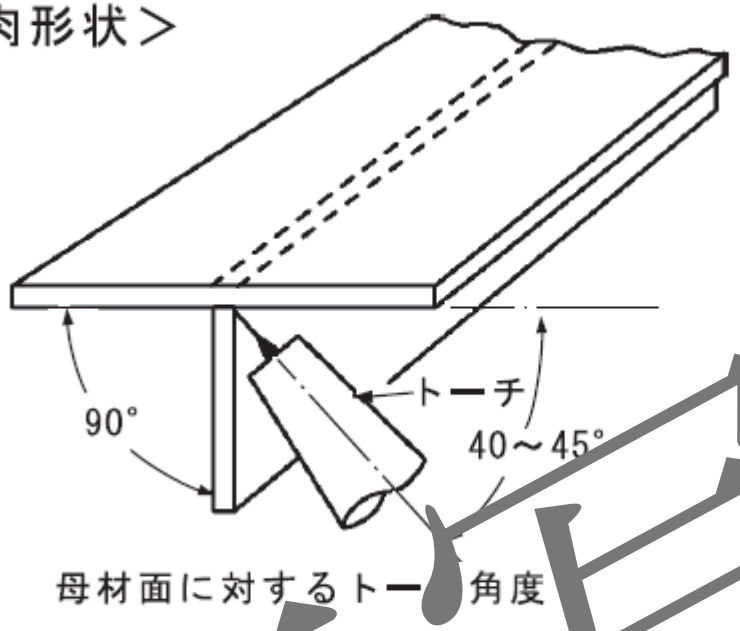


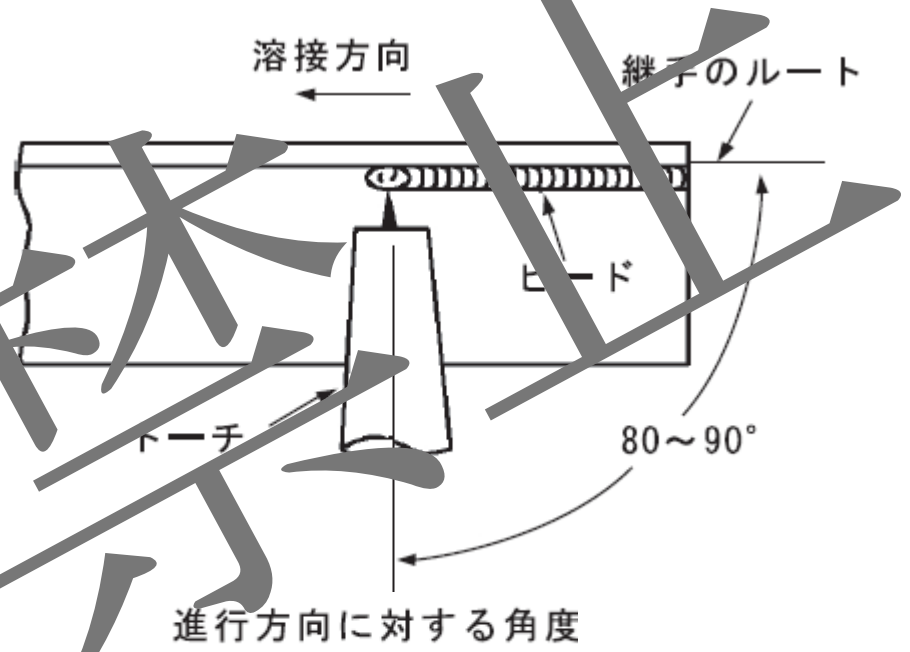
複写禁止

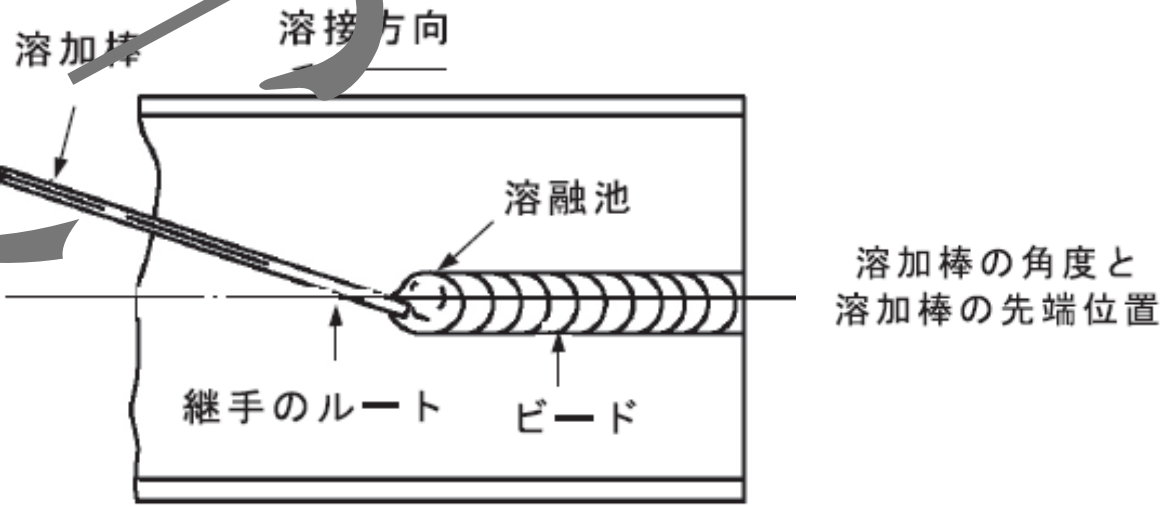
2−4　各種溶接姿勢の施工ポイント

(3) 上向き溶接の施工

＜すみ肉形状＞







溶加棒の角度と
溶加棒の先端位置

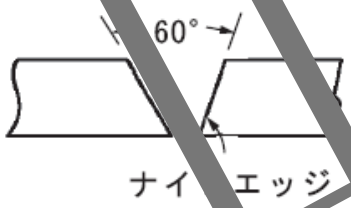
複写禁止

2−4　各種溶接姿勢の施工ポイント

(4) 固定管(パイプ)の裏波溶接のポイント

＜開先形状＞

基本的に 60° 開先でその面は機械加工が望ましい。またルートフェイスはつけるほど裏の出方が悪くなるのでナイフエッジ形状に加工する場合もある。



＜ルートギャップ＞

裏波の出方はこのルートギャップの大きさに大きく影響される。タック溶接の際は十分姿勢に応じたギャップが必要。

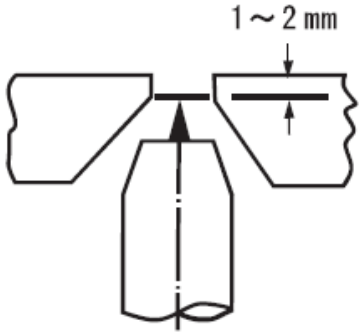
上向姿勢のギャップ	2.8～3.5 mm
立向下進時のギャップ	2.8～3.5 mm
立向上進時のギャップ	2.5～3.0 mm
下向姿勢のギャップ	2.5～4.0 mm

＜溶加棒径＞

棒径はφ2.6～3.2の範囲で十分な裏波が得られるが、作業性（棒の送り）から考えればφ3.2が適している。

＜電極母材間距離＞

電極突出し長は使用ノズル径によって異なるが、基準は母材の裏面より１～２mm の範囲とする。

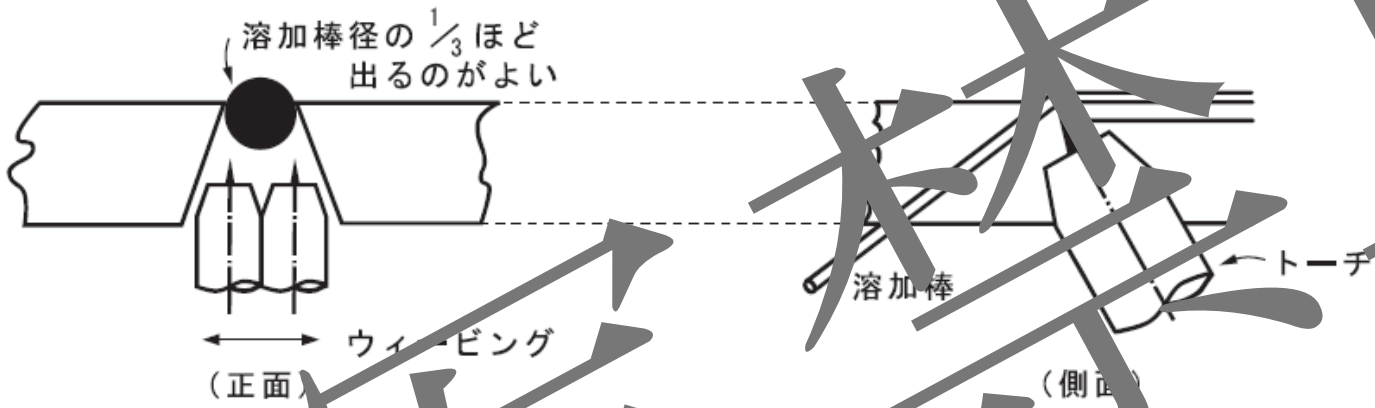


複写禁止

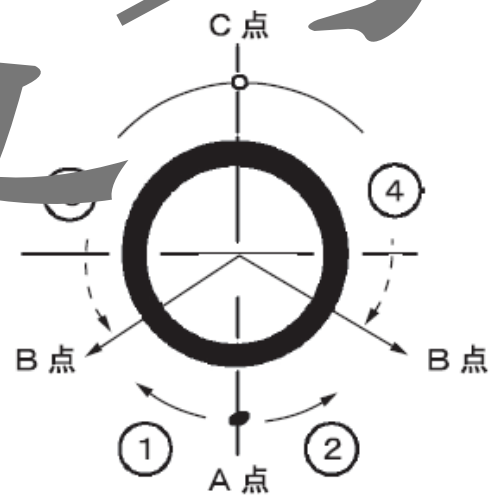
2−4　各種溶接姿勢の施工ポイント

＜トーチの運棒＞

トーチの運棒はウィービングするのがよく溶加棒の両端を溶かす。



＜溶接姿勢＞



★　１と２は上向姿勢で、Ａ点からＢ点に向けて行なう。

★　３と４は立向下進で、Ｃ点からＢ点に下る。

複写禁止

2－5　溶接条件表

（1）軟鋼及びステンレス鋼のTIG溶接条件

母材の厚さ	継手の形	溶接電流（A）			溶接速度	溶加棒径	ガス流量
mm		下向	立向	上向	cm／min	mm	L／min
0.5	突合せ	10～15	10～15	10～15	40	～1.0	4～6
	重ね	10～15	10～15	10～15	20		
	角	10～20	10～20	10～20	40		
	T	15～20	15～20	10～20	35		
1.0	突合せ	30～40	30～40	30～40	15～40	1.0～1.6	4～6
	重ね	40～50	40～50	40～50	15～30		
	角	45～60	45～55	45～60	20～40		
	T	50～60	50～60	50～60	10～35		
1.5（1.6）	突合せ	60～100	60～80	60～70	15～80	1.6～2.0	7～10
	重ね	60～100	70～100	80～90	15～80		
	角	60～80	60～70	60～70	20～40		
	T	70～80	70～90	70～90	10～20		

複写禁止

2−5　溶接条件表

（1）軟鋼及びステンレス鋼のTIG溶接条件

母材の厚さ	継手の形	溶接電流（A）			溶接速度	溶加棒径	ガス流量
mm		下向	立向	上向	cm／min	mm	L／min
2.5 (2.3)	突合せ	100～120	90～110	90～110	20～80	2.0～2.4	7～10
	重ね	110～130	100～120	100～120	20～80		
	角	100～120	90～110	90～110	28～30		
	T	110～130	100～120	100～120	25～25		
3.0 (3.2)	突合せ	120～140	110～130	105～135	30	2.0～2.4	7～10
	重ね	130～150	120～140	120～140	25		
	角	120～140	110～130	115～135	30		
	T	130～150	115～135	120～140	25		
4.5	突合せ	200～250	150～200	150～200	25	2.0～3.2	10～15
	重ね	225～275	175～225	175～225	20		
	角	200～250	150～200	150～200	25		
	T	225～275	175～225	175～225	20		

複写禁止

2－5　溶接条件表

（1）軟鋼及びステンレス鋼のTIG溶接条件

母材の厚さ	継手の形	溶接電流（A）			溶接速度	溶加棒径	ガス流量
mm		下向	立向	上向	cm／min	mm	L／min
6.0	突合せ	275～350	200～250	200～250	25	2.0～3.2	10～15
	重　ね	300～375	225～250	225～275	20		
	角	275～350	200～250	200～255	25		
	T	300～375	225～275	225～275	20		
12.0	突合せ	350～450	225～275	225～275	15	2.4～4.0	15～20
	角	375～475	230～280	230～280	15		
	T	375～475	230～280	235～280	15		

複写禁止

2−5　溶接条件表

（2）アルミニウムのTIG溶接条件（交流・MIX）

母材の厚さ	継手の形	溶接電流（A）			溶接速度	溶加棒径	ガス流量
mm		下向	立向	上向	cm／min	mm	L／min
0.8	突合せ	20～40	10～20	10～20	20～40	1.6～2.0	7～8
	重ね	20～50	10～20	10～20	15～40		
	角	20～40	10～20	10～20	20～40		
	T	20～40	10～20	10～20	15～15		
1.2	突合せ	30～60	20～30	20～30	15～40	1.6～2.0	7～10
	重ね	30～60	20～30	20～30	15～40		
	角	30～60	20～30	20～30	15～40		
	T	30～75	24～35	25～35	15～30		
1.5	突合せ	60～80	40～60	40～60	15～40	2.0～2.4	7～10
	重ね	60～80	40～60	40～60	15～30		
	角	60～80	50～70	40～60	30		
	T	70～80	60～70	60～70	15～25		

複写禁止

2－5　溶接条件表

（2）アルミニウムのTIG溶接条件（交流・MIX）

母材の厚さ	継手の形	溶接電流（A）			溶接速度	溶加棒径	ガス流量
mm		下向	立向	上向	cm／min	mm	L／min
3.0	突合せ	125～145	115～135	120～140	30	2.4～3.2	7～10
	重ね	140～160	120～145	130～160	25		
	角	125～145	115～135	130～150	30		
	T	140～160	115～135	140～160	25		
4.5	突合せ	190～220	190～220	180～210	28	3.2～4.0	10～15
	重ね	210～240	190～220	180～210	28		
	角	190～220	180～210	180～210	28		
	T	210～240	180～210	180～210	15		
6.0	突合せ	280～300	220～260	210～225	25	3.2～4.0	15～20
	重ね	290～340	220～260	210～225	20		
	角	280～320	220～260	210～225	25		
	T	280～320	220～260	210～225	20		

複写禁止

2－5　溶接条件表

（2）アルミニウムのTIG溶接条件（交流・MIX）

母材の厚さ	継手の形	溶接電流（A）			溶接速度	溶加棒径	ガス流量
mm		下向	立向	上向	cm／min	mm	L／min
9.0	突合せ	300～350	250～300	250～300	13	3.2～4.0	15～20
	重　ね	300～350	250～300	250～300	13		
	角	300～350	250～300	250～300	13		
	T	330～380	250～300	250～300	13		
12.0	突合せ	300～350	290～300	250～300	8	3.2～4.0	15～20
	重　ね	300～350	290～300	275～325	8		
	角	300～350	290～300	265～325	9		
	T	350～400	290～300	275～325	8		

複写禁止

第3章　施工編

３－１	溶接構造用鋼の種類	７５
３－２	ステンレス鋼の種類	７７
	（１）マルテンサイト系ステンレス鋼	７７
	（２）フェライト系ステンレス鋼	７８
	（３）オーステナイト系ステンレス鋼	７８
３－３	一般的なステンレス鋼の種類と用途	７９
３－４	ステンレス鋼の溶加棒挿入ポイント	８１
３－５	アルミニウムの材料シリーズ	８３
	（１）工業用純アルミニウム（1000シリーズ）	８３
	（２）Al-Cu系合金（2000シリーズ）	８３
	（３）Al-Mn系合金（3000シリーズ）	８４
	（４）Al-Si系合金（4000シリーズ）	８４
	（５）Al-Mg系合金（5000シリーズ）	８５
	（６）Al-Mg-Si系合金（6000シリーズ）	８５
	（７）Al-Zn系合金（7000シリーズ）	８６

第3章　施工編

３－６　アルミニウムの性質・・・・・・・・・・・・・・・　８７
３－７　各種アルミニウムと溶加棒の選定・・・・・・・・・　８９
３－８　母材とワイヤの組合せ・・・・・・・・・・・・・・　９１
３－９　溶加棒の管理・・・・・・・・・・・・・・・・・・　９３
３－１０　チタン溶接について・・・・・・・・・・・・・・　９４
（１）チタンの性質　９４
（２）シールド法　９４
（３）チタンのガス吸収　９６

3−1　溶接構造用鋼の種類

低炭素鋼（軟鋼）は炭素量が 0.03～0.3％程度の鋼で、溶接用鋼材として最も多く使用されている。

高張力鋼は、炭素量の少ない鋼に少量のマンガン、けい素、ニッケル及びクロムなどの合金元素を加えて、軟鋼よりも強度を増した溶接構造用鋼である。

JIS では、一般構造用の軟鋼は JIS G3101 に「SS材」が規定されている他、特に溶接構造物に用いられる圧延鋼材としては、JIS G3106 に「SM材」として SS（他のものと合わせる）材と比べて炭素や硫黄などの化学成分が厳しく規定されている。SM材には軟鋼の「SM400」以外に 490～570 N／mm^2 の強さをもつ高張力鋼も含まれる。

また、硫黄の量をSM材よりもさらに厳しく制限した「SN材」が、JIS G3136 「建築構造用圧延鋼材」として強さ 400～490 N／mm^2 の範囲で規定されている。

複写禁止

3−1　溶接構造用鋼の種類

主な JIS 圧延鋼板の化学成分（%、厚さ 50 mm 以下の場合）570～720

種類の記号	C	Si	Mn	P	S	炭素当量	引張強さ (N/mm²)
ＳＳ400	−	−	−	≦0.050	≦0.050	−	400～510
ＳＭ400Ａ	≦0.23	−	≦2.5×Ｃ	≦0.035	≦0.035	−	400～510
ＳＭ400Ｂ	≦0.20	≦0.35	0.60～1.40	≦0.035	≦0.035	−	400～510
ＳＭ400Ｃ	≦0.18	≦0.35	≦1.40	≦0.035	≦0.035	−	400～510
ＳＮ400Ａ	≦0.24	−	−	≦0.050	≦0.050	−	400～510
ＳＮ400Ｂ	≦0.20	≦0.35	0.60～1.40	≦0.030	≦0.015	≦0.36	400～510
ＳＮ400Ｃ	≦0.20	≦0.35	0.60～1.40	≦0.020	≦0.008	≦0.36	400～510
ＳＭ490Ａ	≦0.20	≦0.55	≦1.60	≦0.035	≦0.035	−	490～610
ＳＭ490Ｂ	≦0.18	≦0.55	≦1.60	≦0.035	≦0.035	−	490～610
ＳＭ490Ｃ	≦0.18	≦0.55	≦1.60	≦0.035	≦0.035	−	490～610
ＳＮ490Ｂ	≦0.18	≦0.55	≦1.60	≦0.030	≦0.015	≦0.44	490～610
ＳＮ490Ｃ	≦0.18	≦0.55	≦1.60	≦0.020	≦0.008	≦0.44	490～610
ＳＭ570Ｑ	≦0.18	≦0.55	≦1.60	≦0.035	≦0.035	≦0.44	570～720

軟鋼及び高合金鋼用ティグ溶接溶加棒の種類及び適用鋼種

溶加棒の種類	適用鋼種	主な用途
YGT 50	軟鋼及び高張力鋼	軟鋼・490Ｎ/mm² 級高張力鋼用の溶接
YGT 60		590Ｎ/mm² 級高張力鋼用の溶接
YGT 62		590Ｎ/mm² 級高張力鋼用の溶接
YGT 70		690Ｎ/mm² 級高張力鋼用の溶接
YGT 80		780Ｎ/mm² 級高張力鋼用の溶接
YGT Ｍ	モリブデン鋼及びクロムモリブデン鋼	0.5％Mo 鋼用の溶接
YGT ＭＬ		0.5％Mo 鋼用（低炭素系）の溶接
YGT １ＣＭ		1.25％Cr-0.5％Mo 鋼用の溶接
YGT １ＣＭＬ		1.25％Cr-0.5％Mo 鋼用（低炭素系）の溶接
YGT ２ＣＭ		2.25％Cr-0.5％Mo 鋼用の溶接
YGT ２ＣＭＬ		2.25％Cr-0.5％Mo 鋼用（低炭素系）の溶接
YGT ３ＣＭ		３％Cr-１％Mo 鋼用の溶接
YGT ５ＣＭ		５％Cr-0.5％Mo 鋼用の溶接

複写禁止

3−1　溶接構造用鋼の種類

3-2 ステンレス鋼の種類

現在、ステンレス鋼には 80 数種のものがあるが、いずれも 10.5％以上のクロムを含んでいる。

クロムのほかにニッケルを加えると、耐食性はさらに改善され、機械的性質とくに低温におけるじん性が増加し、加工性、溶接性も著しく良好となる。

そのほか、耐食性あるいは耐熱性を一層向上させるためにモリブデン、銅、コロンビウム、タンタル、チタンなどの元素を含むものがある。

これらのステンレス鋼はマルテンサイト系、フェライト系、オーステナイト系、オーステナイト・フェライト系の四種類に大別される。

(1) **マルテンサイト系ステンレス鋼**

○ 高温でオーステナイト組織　常温でフェライト組織
○ 溶接熱による焼入硬化性が大きい。（強い　硬く　脆く）
○ 焼もどし、焼なまし、予熱をすることにより機械的性質向上
（溶接により粗大化した結晶粒は熱処理により微細化する。）
○ 電気抵抗は軟鋼の 3 倍以上
○ 熱伝導率は軟鋼の 1/2 以下である。
○ 強い磁性を示す。
○ 溶接性悪い。

複写禁止

3−2　ステンレス鋼の種類

(2) フェライト系ステンレス鋼

○焼入れ硬化しない。
○シグマ相脆化が生じやすい。（６００°～８００℃）
○４７５°脆性（４７５°付近で加熱徐冷した場合脆くなる。）
○溶接部２番熱影響部で割れが生じやすい。
○熱伝導率は軟鋼の 1/2 以下である。
○磁性を示す。

(3) オーステナイト系ステンレス鋼

○高温、低温いずれでも強じんで延性がある。
○粒界腐食が生じやすい。
結晶粒界にクロム炭化物が析出する。（安定化元素としてＴｉ，Ｎｂ）
○応力腐食割れが生じやすい。
○静的・動的応力が残在して微細な割れが発生する。防止策として応力除去熱処理、Ｎｉ含有量の多い材料を使用する。
○電気抵抗は軟鋼の４倍以上
○熱伝導率は軟鋼の 1/2 である。
○熱膨張係数が軟鋼の 1.5 倍、よって溶接ひずみが生じやすい。
○非磁性を示す。
○溶接性良好

複写禁止

3−3　一般的なステンレス鋼の種類と用途

新記号 SUS	旧記号 SUS	鋼種組成	特性	用途
430	24	18Cr	圧延容易、低Cのものは溶接容易	炉、自動車、化学工業用、家庭用品
304	27	18Cr−8Ni	標準18−8、一般的、溶接容易	装飾用、一般耐食用、その他一般
304L	28	18Cr−8Ni極低C	耐粒間腐食性大	化学工業用
321	29	18Cr−8Ni−Ti	Ti添加により炭化物安定	板、管、溶接後熱処理不能の部分
316	32	18Cr−12Ni−Mo	耐食性良好 クリープ抵抗大 硫酸、亜硫酸、燐酸に好適	製紙、石鹸、海水、染料などの化学工業
316L	33	18Cr−12Ni−Mo 極低C		
316J1	35	18Cr−12Ni−Mo	Mo．Cu添加により 耐硫酸性大	化学工業
316J1L	36	18Cr−12Ni−Mo 極低C		
401 J1	37	13Cr−Mo	Mo添加により加工性大、クリープ抵抗大	高温、高圧用、タービン翼用

複写禁止

3−3　一般的なステンレス鋼の種類と用途

新記号 SUS	旧記号 SUS	鋼種組成	特性	用途
405	38	13Cr−Aℓ	焼入れ硬化性少なく、溶接性良好	耐食用
301	39	17Cr−7Ni	冷間加工性大、強度大	高強度、薄板、航空機
302	40	18Cr−8Ni−高C		台所、建築装飾
309S	41	22Cr−12Ni	耐高湿、酸化性大	高温使用部品、加熱炉構造材
310S	42	25Cr−20Ni	Si、Ni 添加により耐酸化性	高温使用部品
347	43	18Cr−8Ni−Cd	Cb 添加により炭化物安定 耐食性、高温用	高温、高圧用管、容器、ボイラー
43	44	16Cr−2Ni	硝酸耐食性良好	硝酸工業
403	50	13Cr−低Si	自硬性あり、廉価で一般的	タービン、刃物、スプリング、バルブ、ポンプ
410	51	13Cr	耐食性良、一般的	台所、家庭用品、80 ℃までの耐酸化用
420 J1	52	13Cr−中C	CおよびCr%により強度を変化しうる	医療器具、刃物、ポンプ、ガラス形
420 J2	53	13Cr−高C		

複写禁止

3−4　ステンレス溶接の溶加棒挿入ポイント

ステンレスのTIG溶接時の溶加棒の操作方法は

①挿入時はゆっくりと溶融池の端部に押しこんで行き、アーク直下や、雰中にさらさないようにする。

②引出時は、トーチを前進させて、アークの熱で温かしてから、棒を引き出す。

なお、アルミ溶接時の溶加棒の引出時のように無理にひっかくように操作すると、ステンレスや軟鋼の場合は融着して作業性が悪化します。

複写禁止

3−4　ステンレス溶接の溶加棒挿入ポイント

ステンレス鋼用ティグ溶接溶加棒の種類および適用鋼種

溶加棒の種類	適用鋼種	主　な　用　途
Y 410	マルテンサイト系ステンレス鋼	SUS、403、410、420 鋼用の溶接
Y 430	フェライト系ステンレス鋼	SUS 430 鋼用の溶接
Y 308	オーステナイト系ステンレス鋼	SUS 304 鋼用の溶接
Y 308 L		SUS 304 鋼用の溶接（極低炭素用）の溶接
Y 309		異種金属材料用、SUS 309 鋼用の溶接
Y 309 L		異種金属材料用、SUS 309 鋼用の溶接
Y 309Mo		異種金属材料用、SUS 316 鋼用の溶接
Y 310		異種金属材料用、SUS 310 S，SUS 310 鋼用の溶接
Y 310 s		異種金属材料用、SUS 316 クラッド鋼の溶接
Y 312		異種金属材料用の溶接
Y 316		SUS 316 鋼用の溶接
Y 316 L		SUS 316 鋼用（極低炭素用）の溶接
Y 316 J1 L		SUS 316J1、SUS 316 J1L 鋼用の溶接
Y 317		SUS 317 鋼用の溶接
Y 317 L		SUS 317 鋼用（極低炭素用）の溶接
Y 321		SUS 321 鋼用の溶接
Y 347		SUS 321、347 鋼用の溶接
Y 347 L		SUS 321、347 鋼用（極低炭素用）の溶接

複写禁止

3−5　アルミニウムの材料シリーズ

(1) 工業用純アルミニウム（１０００シリーズ）

純度 99.0%以上 99.9%未満のアルミニウムを工業用純アルミニウムと呼称し、99.9%以上のものを高純度アルミニウムとして特殊用途のみに使用する。このシリーズの材料は耐食性が良く、光の反射性の高いこと、電気、熱の良導体としての特性などが利用される。機械的性質は低いが、溶接性や加工性が極めて良好なので、醸造用、化学工業用の諸装置、車両、船舶部材あるいは建材、家庭器物など広般な用途がある。不純物として一般に鉄とけい素、それにわずかの銅が含有される。

(2) Ａℓ－Ｃｕ系合金（２０００シリーズ）

このグループは銅を主要合金成分とし、これにマグネシウム、マンガンを含む熱処理合金で、強力な機械的性質を与えるため焼入れを行なう。

その結果、機械的性質は軟鋼と同様あるいはそれ以上となる。特に焼入れ、焼戻しを行なったものは、さらに機械的性質を向上する。すなわち、伸びのわずかな減少を伴うが引張強さ、特に耐力を著しく増加する。しかし、このグループの合金は他の多くのアルミニウム合金に比べて耐食性が劣る。したがって、これらの合金板は、純アルミニウムあるいはＡℓ－Ｍｇ－Ｓｉ系の合金を皮材にして合せ板とする。すなわち、この処理で心材は皮材によって電食的に保護され、耐食性の良好な板となって航空機用材として主に使われる。ジュラルミン、超ジュラルミンなどよく知られた合金がこのグループにある。溶接性は、アルミニウム合金中最も劣るとされ、現在までは主としてリベット構造用材として使用しているが特殊なものとしては２０１４や２２１９材が溶接構造用として使用されている。

複写禁止

3−5　アルミニウムの材料シリーズ

(3) Ａｌ－Ｍｎ系合金（３０００シリーズ）

このグループの主要合金成分はマンガンに冷間加工により種々の質別をもった非熱処理合金である。一般にマンガンを 1.5%まで添加したものが実用合金とされている。これは３００３、３２０３（３Ｓ）として普及しており、純アルミニウムより強さがやや高くしかも溶接性、耐食性あるいはその他の加工性が純アルミニウム材に比べてほとんど低下しない性質が広い需要をもつ理由である。特に耐候性のよい材料として知られている。
したがって、再熱処理により溶接は母材に準じ、その機械的強度を向上する特長があるが、ぜい性を伴い伸びは減少する。またこのグループの合金を陽極処理した酸化皮膜の色は灰色ないし黒色となるので、最近は素材として成形加工したものが建材用に多く使用されている。

(4) Ａｌ－Ｓｉ系合金（４０００シリーズ）

このグループの主要合金成分はけい素である。アルミニウムにけい素を添加すると約 12%までは、その融点が次第に降下する。合金がもろくならない範囲でけい素量を種々変えた合金は溶接棒（電極ワイヤ）、あるいはブレージング用ろう材としてよく使われる。いずれも母材より融点が低く凝固範囲の広い合金として利用するわけである。

このグループの合金は非熱処理合金であるが、熱間割れ（溶接や鋳造などにおいて高温で発生する割れ）の少ない理由で熱処理合金の溶接棒（電極ワイヤ）として使用されている。

複写禁止

3−5　アルミニウムの材料シリーズ

(5) Ａℓ－Ｍｇ系合金（５０００シリーズ）

このグループはマグネシウムが主要成分で、アルミニウムにマグネシウムのみ、あるいはマンガンと一緒に添加した合金は、３０００シリーズの合金よりさらに強さの高い非熱処理合金で最近は溶接構造用材として多く使用されている。マグネシウムは硬化剤としてのマンガンより効果的で、0.8%Ｍｇは 1.25%Ｍｎに相当し、比較的多量に添加できるが、次第に硬強となり加工性が低下する。このグループの合金はいずれも溶接性が良好で、また、海水などに対する耐食性もよい。しかし、マグネシウム含有量が５%以上になると応力腐食を受けやすくなるため、マンガンやクロムを添加して防止してある。最近のＬＮＧやＬＯＸなどの需要に伴いこれらの超低温装置としてこのグループの５０８３材を溶接したものが多い。

(6) Ａℓ－Ｍｇ－Ｓｉ系合金（６０００シリーズ）

このグループはけい素とマグネシウムが主要成分で、Mg_2Siが析出相となって、熱処理合金となる。６０６１として知られる合金はこのグループの代表的なもので構造用材として多方面に利用される。その強さは２０００シリーズや７０００シリーズのものより劣るが、成形加工しやすく、また耐食性がよいので各種の構造用材として使われる。適当な溶加材を使用すれば溶接性は良好であるが溶接部は溶接熱で軟化する。

熱処理は焼入れ、焼戻しを行なうが、焼入直後（Ｔ４）の軟化時に必要な成形加工を行ない、その後で焼戻しを行なって最高の強さを発揮できる。建材用の各種サッシはこのグループの６０６３材から作られる。

複写禁止

3−5　アルミニウムの材料シリーズ

(7) Ａℓ－Ｚｎ－Ｍｇ系合金（７０００シリーズ）

このグループは、亜鉛を主要成分とする合金でマグネシウムを添加すると高強度の熱処理合金となる。普通、銅と少量のクロムを含有する。代表的な合金は７０７５で、現在のアルミニウム合金中最も高力な合金で超々ジュラルミンと呼ばれ、その引張強さ 50kg／mm^2 以上である。しかし、溶接性が悪く、また耐食性も劣る。

７Ｎ０１材は溶接構造用合金として強度、耐食性に優れている。溶接部は溶接後に常温放置で母材に近い強度となるという性質もあり、オートバイフレームやスポーツ用品に多く使用されている。

複写禁止

3−6　アルミニウムの性質

アルミニウム（合金）は多くの化学薬品に対して実用的な耐食性の金属であることは特徴の一つとしてあげられる。これは空気中の酸素と反応して表面に酸化アルミニウムの薄い被膜を作り、これが以後の酸化による浸食を防ぎ、いつまでも耐食性を保持するから表面は美観を失わない。この酸化膜が無害であることからアルミニウムは化学、食品工業用材に広く用いられている。

１　アルミニウム及びその合金材料の種類

アルミニウム及びその合金は大別して展伸材と鋳造材に分けられる。

さらに圧延又は線引きなどの冷間加工によって所定の強度が得られる非熱処理合金と、焼き入れ焼き戻しなどの熱処理によって所要の強度が得られる熱処理合金とに区別される。

また工業用純アルミニウム（Ａℓが９９％以上のもの）に他の合金元素を添加すると強さが増し、加工性、溶接性、耐食性なども変化する。主な合金元素０．５％以上含んだアルミニウム合金は添加元素別に分類してそれぞれに合金記号が付けられている。

複写禁止

3−6　アルミニウムの性質

表 1.1　添加元素別材種分類表（展伸材）

熱処理の区分	主要添加元素別	JIS番号	代表的合金番号
非熱処理合金	Aℓ　99.00%以上	1××××	1050，1100，1200
	Aℓ　Mn（マンガン）系	3××××	3003
	Aℓ−Si（ケイ素）系	4××××	4043
	Aℓ−Mg（マグネシウム）系	5××××	5052，5056，5083
熱処理合金	Aℓ−Cu（銅）系	2××××	2014，2017，2219，2024
	Aℓ−Mg−Si系	6××××	6061，6N01，6063
	Aℓ−Zn（亜鉛）系 Cuを含む	7××××	7075
	Aℓ−Zn（亜鉛）系 Aℓ−Zn−Mg系	7××××	7003，7N01

複写禁止

3−7　各種アルミニウムと溶加棒の選定

合金系統	合金呼称（母材）	母材の性質（概要）	用途	溶加棒・ワイヤの銘柄	参考
純Ａℓ系 ※アルミニウムのこと	１０７０ （一円玉）	・加工性・表面処理性が優れ、耐食性はアルミ合金中最良、強度は低い	・日用品・照明器具 ・反射板・装飾品・１円玉 ・溶接線・導電材	１０７０	非熱処理合金
	１１００	・純度９９％以上　一般用途のアルミニウム	・一般器物・フィン 建材・熱交換器部品	Ａ１１００	非熱処理合金
Ａℓ−Ｃｕ系	２２１９	・強度高く、低温・高温特性に優れ、溶接性も優れているが、耐食性は劣る	・低温用タンク ・自動車アルミフレーム ・航空宇宙機器	Ａ２３１９ Ａ４０４３	熱処理合金
Ａℓ−Ｍｎ系	３００３	・１１００より強度１０％高い、加工性・耐食性に優れている	・一般器物・フィン ・ラジエーター ・化粧板船舶用材	Ａ１１００ Ａ４０４３	非熱処理合金
	３００４	・３００３より強度が高く、深絞り性に優れ耐食性も良好	・アルミ缶ボディー ・屋根板・カラーアルミ	Ａ１１００ Ａ４０４３	非熱処理合金
Ａℓ−Ｓｉ系	４０３２	・耐食性・耐摩耗性に優れ、熱膨張係数小さい	・ピストン・シリンダー	Ａ４０４３	非熱処理合金
	４０４３	・湯流れ良い、凝固収縮が少ない ・硫酸陽極酸化処理により灰色に自然発色をする	・溶接線・建築パネル ・アルミホイル（鋳物）	Ａ４０４３	非熱処理合金

複写禁止

3−7　各種アルミニウムと溶加棒の選定

合金系統	合金呼称（母材）	母材の性質（概要）	用途	溶加棒・ワイヤの銘柄	参考
Ａℓ－Ｍｇ系	５０５２	・中程度の強度をもった代表的な合金耐食性、加工性が良い ・特に疲労強度に優れ、耐海水性に良い	・一般板金・船舶・車輌 金属バット	Ａ５３５６ Ａ４０４３	非熱処理合金
	５４５４	・５０５２に比べ、強度２０％ＵＰ　５１４１と同等の特性、耐食性は５１４１より優れている	・自動車用ホイール	Ａ５５５４ Ａ５３５６ Ａ４０４３	非熱処理合金
	５０８３	・溶接構造用合金、実用非熱処理合金中最も強度高く、耐食性、溶接性、耐海水性・低温特性に優い	・船舶・車輌 ・低温タンク・圧力容器	Ａ５３５６ Ａ５１８３	非熱処理合金
Ａℓ−Ｍｇ−Ｓｉ系	建築用足場 ０６３	代表的な押出用合金　複雑な断面形状が得られ耐食性・表面処理性も良好	・建築・ガードレール ・車輌・家具・家電製品	Ａ５３５６ Ａ４０４３	熱処理合金
Ａℓ−Ｚｎ−Ｍｇ系	７０３	溶接構造用押出合金　７ＮＯ１より強度若干低い 厚肉の大型形材が得られる その他特性は７ＮＯ１と同様	・車輌・オートバイリム ・モノレール車体 ・アルミコンテナ	Ａ５３５６ Ａ４０４３	熱処理合金

非熱処理合金

製造のまま、あるいは圧延引き抜きなど冷間加工をして、そのまま使用可能にした材料。

熱処理合金

焼入れ、焼戻しなどの処理を施し、所定の強度を得た合金。

複写禁止

3−8　母材とワイヤの組合せ

母材	鋳物 AC AC 4043 5356	鋳物 AC 7A 4043 5356 5183
1080 BC1S	4043 5356	1080 1070
1070 A1P0 AC1S	4043	1080 1070
1050 A1P1 1S	4043 5356	1070 1050 1100
3003 A2P3 3S	4043 5356	1100 4043
1100 A1P3 2S	4043 5356	1100 4043
3004 4S	4043 5356	4043 5183 5356
5052 A2P1 52S	4043 5356 5183	5183 5356
5005 5050 50S	4043	5183 5356
5083 A2P7 (BS) NP5/6	5356 5183 4043	5183 5356
5056 A2P2 56S	5356 4043 5183	5183 5356
5456	5356 4043	5183 5356
6061 6062 A2P4 61S 62S	4043 5356	4043 5183 5356
6063 6151 63S A51S	4043 5356 5183	4043 5183 5356
Al−Zn−Mg 合金		GZ−40 ZK−41 5356

上段は優先使用
中段は代替使用
下段は代替使用

〔注１〕表の溶接母材と適応溶接線との組合せは米国のＡＷＳ、ＡＳＴＭ規格に準拠している。
〔注２〕５５５６は５３５６よりも溶接部強度が要求される箇所に適当であり、５３５６と同等に取扱うことができる。
〔注３〕表ではＳＥ、ＳＲの記号を省略した。
〔注４〕鋳造品（Ａ２Ｆ６…等）、高力アルミ（２０１４、２０１７…等）の溶接には、４０４３，５３５６、ＧＺ−４０などを使用する。

母材の厚さ（㎜）	ＭＩＧサイズ（㎜）	ＴＩＧサイズ（㎜）
1.0〜2.0	0.8	1.6
2.0以上	1.2	2.4
3.0 〃	1.2	3.2または4.0
4.0 〃	1.6	5.0
12.0〃	1.6または2.4	6.0
25.0〃	2.4または3.2	

複写禁止

3−8　母材とワイヤの組合せ

☆溶接線・溶加棒の種類

種　　類	試験用母材の記号及び質別	溶接継手の引張強さ kg／mm²	特　殊　品	溶加棒の彩色表示
A1070−BY A1070−WY	A1070P−O	5．5以上		黒
A1100−BY A1100−WY	A1100P−O	7．5以上		赤
A1200−BY A1200−WY	A1200P−O	7．5以上		茶色
A2319−BY A2319−WY	A2014P−T6	25以上		紫
A4043−BY A4043−WY	A6061P−T	17以上		橙（だいだい）色
A5652−BY A5652−WY	A5652P−O	18以上		白
A5554−BY A5554−WY	A5454P−O	21以上		黄
A5654−BY A5654−WY	A5254P−O	21以上		桃色
A5356−BY A5356−WY	A5083P−O	27以上	A5356S−BY A5356S−WY	黄緑
A5556−BY A5556−WY	A5083P−O	28以上	A5556S−BY A5556S−WY	緑
A5183−BY A5183−WY	A5083P−O	28以上	A5183S−BY A5183S−WY	青

複写禁止

3−9　溶加棒の管理

溶加材は使用者が手を加えずに入手したまま使用できる品質であることが原則であるが、使用中の取扱や保管方法が悪いために、表面が著しく酸化したり、汚れが付着したり、傷がついたりすると健全な溶接部が得られにくくなるので、溶加材の取扱には次のような注意が必要である。

(1) 使用前はもちろん、使用後もさび、ほこり等の付着、湿気を避けるために清浄なポリエチレン袋に入れ、所定のケースに収納し、乾燥したところに保管する。

(2) 使用中も現場に長く放置しないようにする。

(3) 取扱には清潔な手袋を使用し、素手や汚れた手袋は用いない。

(4) 種類の異なるものは混同しないようにする。

複写禁止

3−10　チタンの溶接について

(1) チタンの性質＜融点　1820℃　比重4.34g／cm³＞

チタンは軽くて強度があり、耐食性の良い材料であるために、近代化学工業用装置に多く利用されています。他の金属と異なり、チタンは窒素や酸素などのガス成分と反応しやすく、ごく微量のガス成分を吸収すると硬化する。

酸素との親和力はＣａ、Ｎａ、Ｍｇなどに次いで最も強い金属の一種である。したがってチタンは溶融中にこれらのガスを吸収して硬くなる。よってチタンの溶接にあたっては、ガスとの反応を防止することが第１の条件である。したがって、チタンの溶接技術とは、接合接術以前にシールドの技術であるといっても過言ではない。

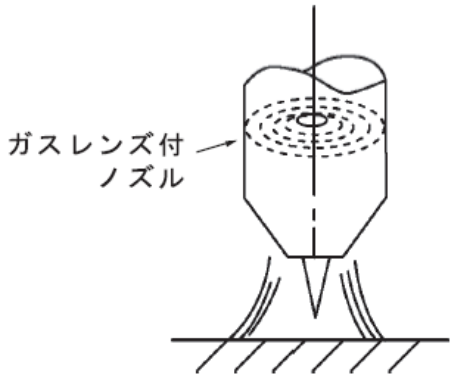
(2) シールド法

チタンの溶接においてステンレス鋼等の溶接と大きく異なるのは、ガスによるシールド法である。チタンの場合には、溶融時だけではなく凝固してからも約 400 ℃に温度が下るまでは不活性ガスのシールドを必要とする。このため溶接トーチについているプライマリーシールドだけでは不十分でアフターシールドとバックシールドの２次シールドが必要とされる。２次シールド法には種類があり、被溶接材の形状、大きさ、要求される信頼度に応じていろいろな治具を使用する。

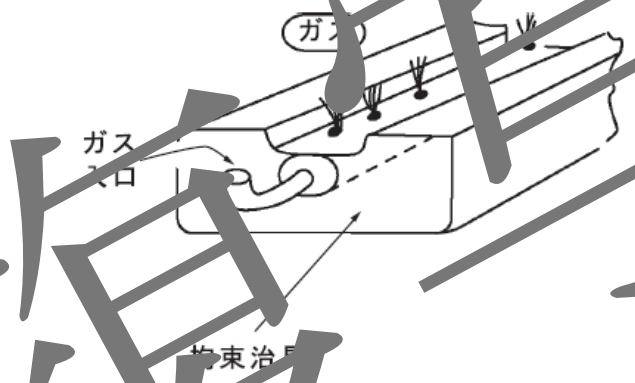
複写禁止

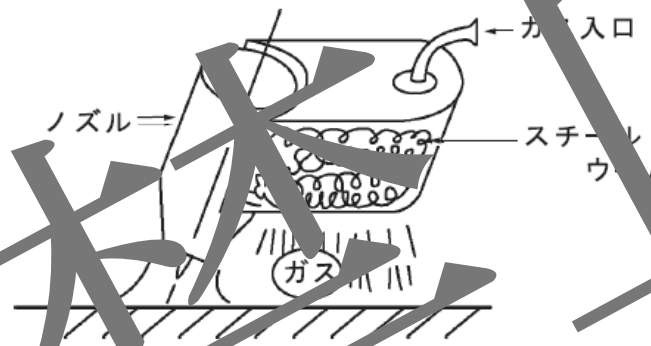
3−10　チタンの溶接について

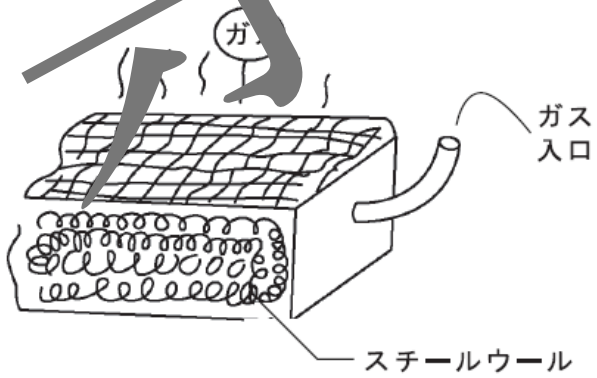
ートーチ側でのシールド方法ー

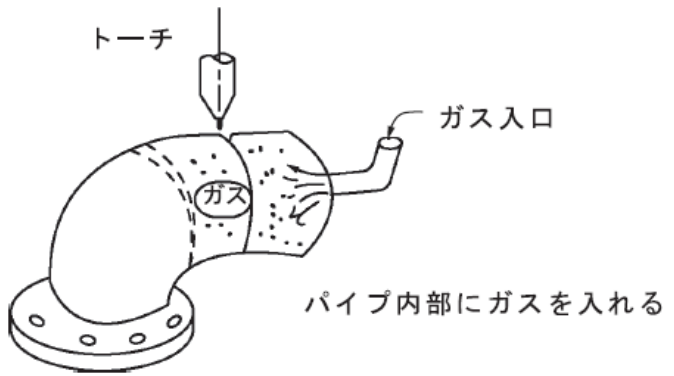


ー母体側でのシールド方法ー









複写禁止

3−10　チタンの溶接について

(3) チタンのガス吸収

チタンはガス吸収が激しく窒素・酸素・水素等を容易に吸収してしまう。その場合、溶接部は脆化してしまい、曲げ加工や衝撃、引張加工などで簡単に破断する。チタンは溶接時はもちろん凝固後も激しくガスを吸収するので、溶接の終わったビード及びその近傍の母材についてもアフターシールドを行う必要がある。

加熱され、ガス吸収したチタンの表面は概ね以下のように表され、またこのビード表面の色から溶接の良否を判定することができる。

溶接部の変色程度と合否の判定基準

ＷＥＳ　８１０４（１９８７）「チタン溶接技術検定における試験方法及び判定基準」

チタン溶接部の変色程度		合否判定	溶接部の性質
銀色	（金属光沢あり）	合　格	コンタミネーションのない健全な溶接部
金又は麦色	（金属光沢あり）	合　格	ほとんどコンタミネーションのない溶接部
紫	（金属光沢あり）	合　格	溶接部表面の延性に少し影響する。しかし、溶接部全体としては、その性質に殆ど影響がないと見てよい。
青色	（金属光沢あり）	合　格	
青白色	（金属光沢なし）	不合格	かなりのコンタミネーションがある。薄板の
暗灰色	（金属光沢なし）	不合格	溶接部では延性がかなり低下
白色	（金属光沢なし）	不合格	溶接部は脆弱となる。
黄白色	（金属光沢なし）	不合格	

注）化学分野でコンタミネーションとは、想定しているもの以外の化学物質の混入のこと。

複写禁止

第4章　安全衛生と保守編

４－１　安全衛生・・・・・・・・・・・・・・・　９８
（１）機器の設置場所　９８
（２）機器の点検・接地　９８
（３）溶接火花による火災防止について　９８
（４）遮光・防熱　９９
（５）換気　９９
４－２　保守点検・・・・・・・・・・・・・・・　１００
（１）日常点検　１００
（２）３～６ヶ月ごとの点検　１００
（３）点検時の注意事項　１０１

4－1　安全衛生

(1) 機器の設置場所について

○ 溶接電源は壁より２０cm以上、また周辺の可燃物からは５０cm以上離し、不測の過熱事故発生時の安全性を確保する。

(2) 機器の点検、接地

○ TIG溶接装置内には高電圧の高周波を発生させる部分がある。
点検などで装置に触れる場合は必ず配電盤の元スイッチを切る。

(3) 溶接火花による火災防止について

○ 溶接作業時に発生する火花（スパッタ、フラッシュ）が周辺可燃物に絶対届かない事を確認する。

○ 火花が機器に直接降りかかり、吸気口・開口部から内部に侵入すると機内焼損の原因となるので、この様な使用は避ける。

複写禁止

4−1　安全衛生

(4) 遮光・防熱

○ TIG溶接は電流密度の高い可視アークであることから、眼の障害のほか、皮膚の露出した部分がアークにさらされると、強度の日焼けと同様、幅射熱による一種のやけど症状が出るので、十分な保護が必要。

（例　示）

遮光ガラス

遮光度番号		6	7		9	10	11	12	13	14
電　流		以下	75 A		75～200 A			200～400 A		以上

(5) 換気

○ TIG溶接で人体に有害となり得るものは紫外線のほか、アルゴン、オゾン、二酸化窒素のほか、金属ヒュームなどがある。これらの内アルゴンはその自体に毒性はないが密室内での作業には大気中の酸素を駆逐し窒息状態を招く危険性があるので必ず換気が必要である。またオゾン、二酸化窒素などの発生は僅少であるため、特に問題とされていない。

複写禁止

4−2　保守点検

溶接機を安全に使用するにあたっては、定期的な保守・点検が必要である。内部および外部端子などを点検する場合には、必ず一次側の配電箱（またはノーヒューズブレーカー）を切ってから行なう。

(1) 日常の点検事項

以下の日常点検を行う。異常がある場合は適切な処置、または販売手店への連絡を行う。

(1) 異常な振動、うなり、においはないか。
(2) ケーブルの接続部に異常な発熱はないか。
(3) 冷却ファンは電源スイッチを入れた時に、円滑に回転するか。
(4) ケーブルの接続および絶縁の仕方に手落ちはないか。
(5) ケーブルに断線しかけているところはないか。

(2) 1～3ヶ月ごとの点検

(1) 電気的接続部分
入力側、出力側のケーブル接続部分の締付ネジがゆるんだり、さびなどで接触が悪くなっていないか、絶縁に問題がないかを点検。

(2) 接地線
本機のケースが接地線で完全に接地されているかどうか。

(3) 本機の内部
本機の内部にほこりが集積すると冷却が悪くなったり絶縁劣化の原因にもなるので、半年に一度は側板、天板を外して、湿気の少ない圧縮空気を各部に吹きつけて掃除する。

複写禁止

（３）点検時の注意事項

①　電源スイッチ（本機正面パネル）

・作業終了後電源スイッチを「切」にする時は2～3分以上経過した後（溶接電流が充分に冷却された後）「切」にしてください。

・トーチ部品を点検、交換する時は必ず電源スイッチを「切」にしてください。
誤ってトーチスイッチを押すと感電する恐れがあります。

②　出力端子へのトーチ、ホルダー、ケーブルの接続

1つの出力端子には1本のトーチ、ホルダー、ケーブルを接続するようにしてください。
1つの出力端子に2本、3本、と多数接続すると高周波の漏れによるアークスタートの悪化、
短絡事故を起こす恐れがあります。

③　電波障害について

溶接中ラジオに若干の電波障害が発生する場合があります。
ラジオ等の電波障害が発生した場合には、販売店にご相談の上、ノイズフィルターを別途お買い
求め願います。

④　高周波発生装置の電極（可動鉄心式・サイリスタ制御式の場合）

平常の時は、火花電極はさわらないでください。火花電極の電極間距離は1.2 ㎜で調整しています。
電極表面の不均一、汚損の著しい時は表面を磨いた後、それぞれの電極間距離を1.2～1.4 ㎜に調整してください。
（シックネスゲージをお使いください。）

複写禁止

2017年4月　改定

2025年10月　書式変更