عملیات حرارتی و جوشکاری
گروه متالورژی

Gas-Tungsten Arc Welding

Grant Ken Hicken, Sandia National Laboratory

علیرضا نوری

جوشکاری قوسی با الکترود تنگستنی و در پناه گاز محافظ که گاهی اوقات Heliarc و یا جوش تیگ TIG(جوشکاری با تنگستن و گاز خنثی) نیز نامیده می شود، در سال 1930 برای جوشکاری فلز منیزیم اختراع شد. Russell Meredith از الکترود تنگستنی همراه با گاز خنثی هلیوم برای جوشکاری فلز منیزیم استفاده کرد.این روش جایگزین روش پرچ برای اتصال قطعات هواپیما از جنس آلومینوم و منیزیم شد.روش جوشکاری Heliarc در طی این مدت تا کنون اصلاح زیادی یافته است ولی مکانیسم اصلی آن همان است که مردیت آن را بکار برده بود.

درجه حرارت ذوب برای اتصال از نگهداری قوس بین الکترود تنگستن و قطعه کار فراهم می شود.(شکل1)دمای حوضچه مذاب تا C 2500 میرسد.گاز خنثی حوضچه مذاب را احاطه می کند وآنرا در مقابل آلودگی های اتمسفری محافظت می کند.معمولا گاز خنثی آرگون،هلیوم و یا مخلوطی از آن دو است.

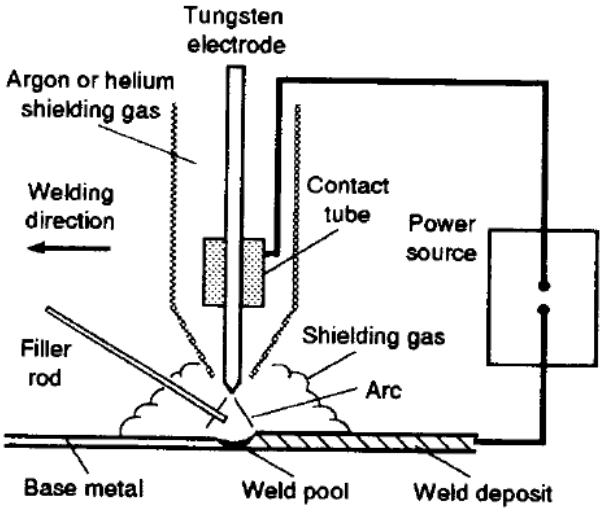

Fig. 1 Schematic showing key components and parameters of the GTAW process. Source: Ref 2

کاربردها:

روش جوشکاری با الکترود تنگستن و گاز محافظ برای جوشکاری فولادهای زنگ نزن ،آلومینوم ،منیزیم،مس و فلزات فعال(مثل تیتانیوم و تانتالوم) ونیز فولادهای کربنی و آلیاژی استفاده می شود.در جوشکاری فولادهای کربنی معمولا برای جوشکاری پاس های ریشه کار می رود.

مزایا و محدودیت ها

مزایای روش GTAW عبارتند از:

- جوش با کیفیت بالا و اعوجاج کم تولید می کند.

- پاشش مذاب در مقایسه با روش های دیگر در این روش وجود ندارد.
- در هر دو حالت با و بدون فلزپرکننده می توان استفاده کرد.
- منابع نیروی مختلفی رامی توان بکار گرفت.
- انواع مختلفی از فلزات حتی فلزات غیرمشابه را می توان با این روش جوشکاری کرد
- کنترل دقیقی بر روی میزان گرمای تولیدی و ورودی می توان دشات.

روش GTAW زمانی استفاده می شود که به جوش با کیفیت بالا نیاز باشد.همانطوریکه در بالا اشاره شد، گرمای تولیدی که میتواند اثر منفی بر فلز داشته باشد،بدقت کنترل می شود و نیز حوزه دید جوشکار بوسیله دودهای حاصله محدود نمی شود.

محدودیت های این روش در زیر آمده اند:

- نرخ رسوب آن در مقایسه با جوشکاری با الکترودهای مصرفی پایین تر است.
- به جوشکار ماهر نیاز دارد.(نسبت به SMAW,GMAW)
- برای جوشکاری ضخامت های بیشتر از 9.5 mm مقرون به صرفه نمی باشد.
- در وضعیت های جوشکاری غیر تخت جوشکاری مشکل است زیرا حفاظت قوس کامل نیست.

علاوه بر مشکلات یادشده می توان به برخی از مشکلات این روش نیز در ذیل اشاره کرد:

- در صورتیکه الکترود تنگستنی با حوضچه مذاب تماس داشته باشد، آخالهای تنگستن می تواند وارد فلز جوش شود.
- اگر حفاظت قوس و مذاب توسط جریان مداوم گاز خنثی انجام نشود و یا مختل شود،فلز مذاب آوده می شود.
- آلودگی یا حفره در مذاب تحت تاثیر نشتی آب از تورچها سرد شونده با آب
- وزش و یا انحراف قوس مثل روش های دیگر

منابع نیرو برای GTAW از نوع جریان ثابت همراه با منحنی ولتاژ – آمراژ منفی می باشند.راکتورهای قابل اشباع و نیز واحدهای کنترل شده با تریستور نیز مرسوم هستند.پیشرفت هایی که در صنایع الکتریکی اتفاق افتاده است،در این حوزه نیز موثر بوده وباعث شده است که منابع نیروی با کارایی بیشتر و با وزن کمتر تولید شوند.امروزه منابع نیروی

ترانزیستوری با جریان مستقیم نیز بسیار استفاده می شوند و منابع نیرو یکسوکننده –مبدل ها بسیار پیچیده تر هستند.مبدل های نیرو شامل سه نوع تبدیل هستند:

- جریان متناوب اولیه 60 mHz به جریان مستقیم تبدیل می شود.
- جریان مستقیم به جریان متناوب با فرکانس بالا تبدیل می شود.
- این جریان متناوب به جریان مستقیم تبدیل می شود.

مبدل ها را می توان از حالت جریان مستقیم به جریان متناوب برای جوشکاری GMAW تغییر داد و بکار برد که این سبب کاهش هزینه و صرفه جویی در آن خواهد شد.منابع نیرو که با مبدل کنترل می شوند در مقایسه با منابع سیلیکونی SCR زمان های پاسخ سریعتری دارند.در شکل 2 رفتار دو نوع ماشین جوشکاری با کنترل مبدلی و با کنترل تریستوری نشان داده می شود.

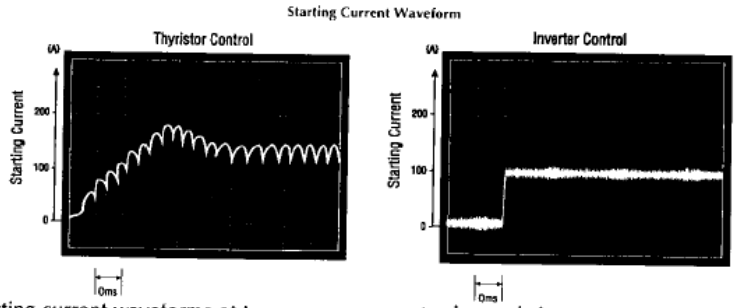

Fig. 2 Starting current waveforms of two power sources to show relative response times of each source. (a) Thyristor-controlled source. (b) Inverter-controlled source. Faster response of inverter-controlled arc welding machine (2 ms to go from 0 to 100 A) indicates a more stable arc.

ساختمان تورچ: تورچ جوشکاری الکترود را نگهداشته و جریان الکتریکی را به سمت قوس هدایت می کند و گاز لازم برای محافظت قوس و مذاب را به محل جوش انتقال می دهد. قطعات تورچ در شکل 3 نشان داده می شود.

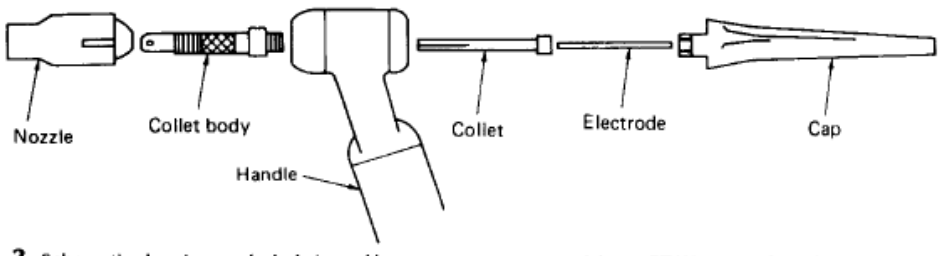

Fig. 3 Schematic showing exploded view of key components comprising a GTAW manual torch

تورچهای جوشکاری که زیر جریان 200 A بکار میروند،معمولا با هوا سرد می شوند،به عبارتی گـاز خنثـی از اطـراف کابل حرکت میکند و سردایش لازم را فراهم می کند.اما در جوشـکاری هـای پیوسـته کـه بـا آمپراژهـای بـالا سـروکار دارد،و نیز در روش ماشینی از تورچهایی استفاده می شود که با آب سرد می شوند.

الکترودها.الکترودهای غیرمصرفی که در روش GTAW بکار مـی رونـد ، از تنگسـتن و یـا آلیاژهـای آن سـاخته مـی شوند.متداولترین این آلیاژها،آلیاژ ThO_2-W 2% یا EWTh-2 می باشد.این آلیاژ از ویژگی هـای کـاری خـوبی برخوردار است و پایداری بهتری دارد.توریا رادیواکتیو بوده وفلذا هنگام تیز کردن آن باید مواظب بود کـه گـرد و غبـار آن استنشاق نشود.سنگ زنی مـی توانـد خطـرات جـدی در پـی داشـته باشـد و بایـد قـوانین زیسـت محیطـی را رعایـت کرد.الکترودهای لانتانوم دار EWLa-1 و ایتریم دار الکترودهایی هستند که ویژگی های شروع خوبی داشته و پایداری قوس آنها حتی در ولتاژهای کم نیز قابل قبـول و مناسـب اسـت.الکترودهـای تنگسـتن سـریم دار EWCe-2 نسـبت بـه الکترودهای توریم دار از لحاظ پایداری قوس و نرخ ذوب کردن کمی بهترنـد.هرکـدام از الکترودهـای مـذکور جـوش های قابل قبولی تولید می کنند.توانایی آسان ساطع کردن الکترون در ولتاژ پایین الکترودهای لانتـالوم دار ازعلـل اصـلی کارکرد خوب آنهاست.

تنگستن خالص در جوشکاری ac اسـتفاده مـی شـود وبـالاترین نـرخ مصـرف را دارنـد.گـاهی اوقـات از الکترودهـای زیرکنی نیز استفاده میشود.الکترودهای تنگستن براساس ترکیب شیمایی شان طبقه بندی می شوند.(جدول1)شـرایط لازم بـرای ایـن الکترودهـا در AWS A5.12 ذکـر مـی شـود.شـکل نـوک الکترودهـا بـر شـکل حوضـچه مـذاب مـوثر است.الکترودهایی که زاویه 60-120° دارند،پایدارترند و عمق نفوذ خوبی را دارند.الکترودهای با زاویه کمتر 5-30° برای جوش شیاری مناسب هستند تا از ایجاد قوس بین دیواره های محل اتصال جلوگیری کند.

سیستم تغذیه سیم:از تعدادی قطعه تشکیل شده است که از سیستم ساده تا پیچیده را در بردارنـد.سیسـتم اصـلی آن درواقع وسیله ای است که سیم را با قلاب گرفته و سپس آن را از قرقره کشیده و بعد آنرا از طریق لوله راهنمـا بـه سـمت محل جوشکاری انتقال می دهد.برای حرکت موتور و نیز کنترل آن از کنتـرل و سـوئیچ هـای الکترونیکـی اسـتفاده مـی شود.

کابل،شلنگ و رگولاتورها برای انتقال جریان الکتریکی،آب و گاز خنثی به محل جوشکاری لازم می باشند.

Table 1 Classification of alloying elements in selected tungsten alloy electrodes for GTAW applications

AWS classification	Color(a)	Alloying element	Alloying oxide	Alloying oxide, wt%
EWP	Green	...	...	
EWCe-2	Orange	Cerium	CeO_2	2
EWLa-1	Black	Lanthanum	La_2O_3	1
EWTh-1	Yellow	Thorium	ThO_2	1
EWTh-2	Red	Thorium	ThO_2	2
EWZr-1	Brown	Zirconium	ZrO_2	0.25
EWG	Gray	Not specified(b)	...	...

(a) Color may be applied in the form of bands, dots, and so on, at any point on the surface of the electrode. (b) Manufacturer must identify the type and nominal content of the rare-earth oxide addition. Source: Ref 4

نوسان قوس در هر دو حالت جوشکاری دستی و ماشینی استفاده می شود.مزایای موجوددر جوشکاری دستی پایه و اساس کنترل جوش هنگام تنظیم تغییرات اتصال جوش و گپ موجود است.در جوشکاری ماشینی،نوسان از طریق حرکت مکانیکی تورچ جوشکاری و یا حرکت دادن پلاسمای قوس با کمک میدان مغناطیسی خارجی انجام می شود.نوسان باعث می شود که گرمای تولیدی در محل های دقیق انتقال داده شود.این وضعیت برای زمانی که جوشکاری قطعات با اشکال پیچیده انجام می شود،یک مزیت بشمار می رود.وقتی از نوسان جوش استفاده می شود،تعداد پاس ها و نیز مقدار کل گرمای تولیدی کاهش می یابد زیرا هزینه حذف انقباض ها و عیوب دیگر را از هزینه کلی جوش کم می کند.

شکل 4 اثر نوسانات مغناطیسی بر اعوجاج را نشان می دهد.در برخی از آلیاژها لازم است که از چند پاس برای ایجاد اثر برگشتی پاس های بعدی و بصورت جوش مستقیم string استفاده شود که در این صورت نوسان Oscillation بکار نمی رود.برای پایداری قوس،کمتر کردن وزش قوس و نیز حرکت دادن پلاسمای قوس در امتداد حرکت تورچ می توان از میدان مغناطیس خارجی استفاده کرد.اینکار سبب می شود ظاهر جوش بهتر شده و سرعت جوشکاری افزایش یابد.

پارامترهای فرآیند

جریان جوشکاری: جریان جوشکاری یکی از مهمترین پارامتر های جوشکاری است که باید در هر روش جوشی کنترل شود زیرا بر عمق نفوذ،سرعت جوشکاری،کیفیت جوش و نرخ رسوب موثر است.

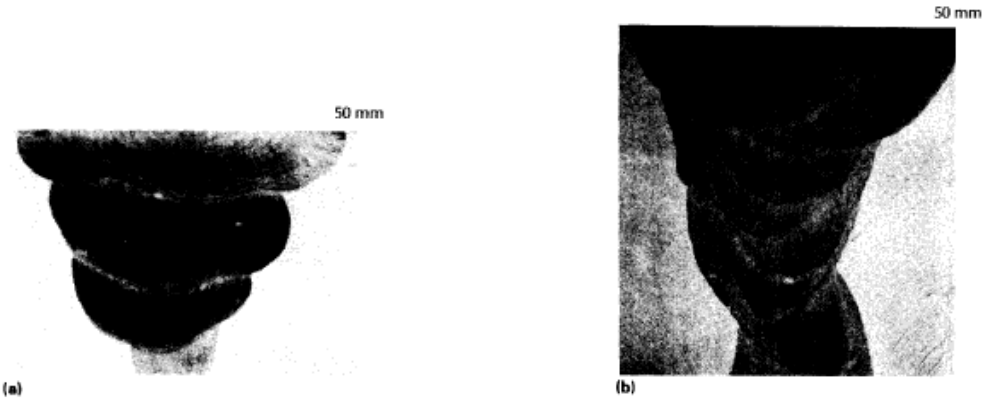

Fig. 4 Effect of magnetic oscillation on weld distortion in 25 mm (1/2 in.) thick stainless steel. (a) Weld produced with arc oscillation. (b) Stringer beads produced in weld without arc oscillation. Note minimal upsetting with arc oscillation. Source: Ref 8

در کل سه نوع انتخاب برای جریان جوشکاری وجود دارد:

- جریان مستقیم الکترود منفی DCEN
- جریان مستقیم الکترود مثبت DCEP
- جریان متناوب

در شکل های 5 و6 تاثیر نوع جریان (ac,dc) بر شکل ظاهری جوش نشان داده می شوند. هم چنین نوع جریان نسبت به ماده انتخابی در جدول 2 آورده شده است.

در جریان متناوب ،در 60 Hz پولاریته بین قطعه کار و الکترود تغییر می کند. این تغییر سریع در پولاریته باعث می شود که یک نوع فرآیند کاتدی ایجاد شود که در حذف لایه های اکسیدی در سطح فلزات بالاخص فلزات آلومینوم ومنیزیم بسیار مفید است.در هر نیم سیکل که شرایط DCEP برقرار می شود، الکترودها گرم می شوند.لازمه این کار اینست که از الکترودهای با قطر بزرگ که از تنگستن خالص ساخته شده اند، استفاده شود. در فرآیند GTAW بیشتر از جریان مستقیم با الکترود منفی استفاده می شود.در این حالت، گرمای بیشتری وارد قطعه کار شده و در نتیجه نرخ ذوب افزایش می یابد.

جریان پالسی و غیرپالسی Pulsed versus Nonpulsed Current: جریان پیوسته و یا جریان غیرپالسی جریان استاندارد روش GTAW می باشد.اما جریان پالسی نیز از مزایایی برخوردار است.جریان پالسی بیشترین مقدار

نفوذ را ایجاد میکند در حالیکه مقدار گرمای ورودی کمتر است.هم چنین در جریان پالسی امکان تنظیم حرکت در جوشکاری دستی وجود داشته و نیز به حوضچه جوش این اجازه را می دهد که بین هر پالس سرد شود.

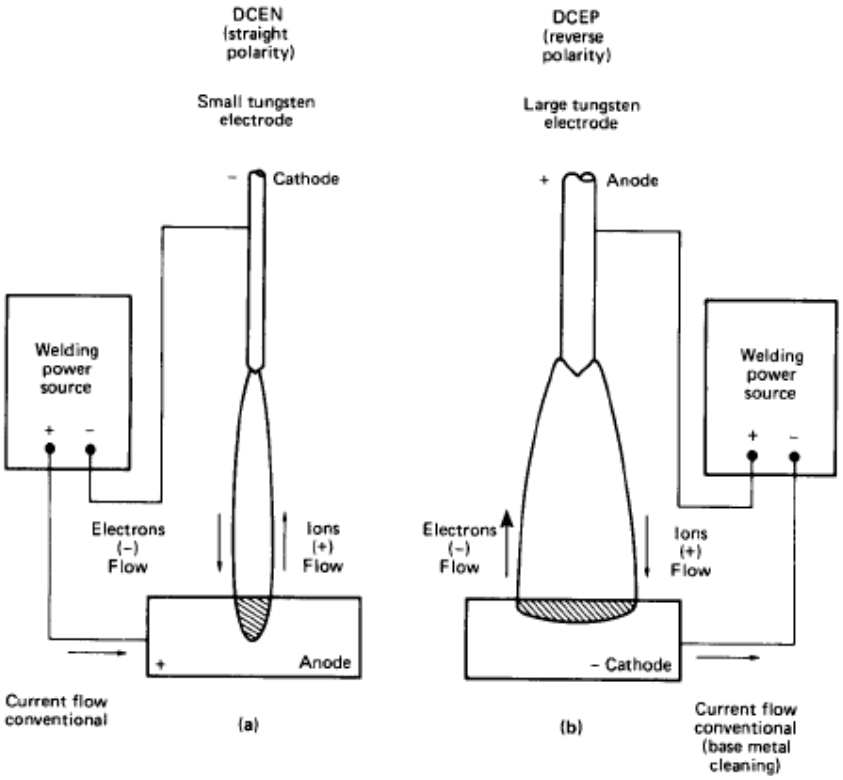

Fig. 5 Effect of polarity on GTAW weld configuration when using direct current. (a) DCEN. Deep penetration, narrow melted area, approximate 30% heat in electrode and 70% heat in base metal. (b) DCEP. Shallow penetration, wide melted area, approximate 70% heat in electrode and 30% heat in base metal

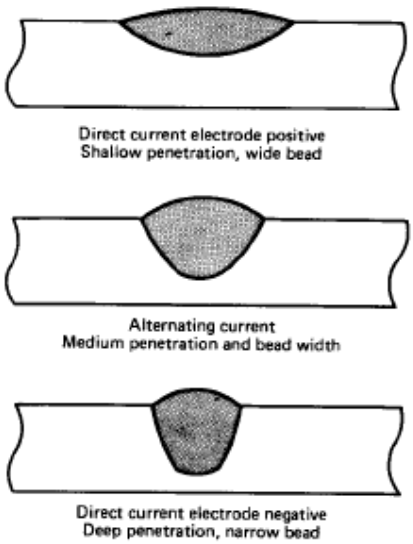

Fig. 6 Weld configuration as a function of type of current (ac or dc) used

Table 2 Suitability of types of current for GTAW of selected metals

Metal welded	Alternating current(a)	DCEN	DCEP
Low carbon steel:			
0.38–0.76 mm (0.015–0.030 in.)(a)	G(b)	E	NR
0.76–3.18 mm (0.030–0.125 in.)	NR	E	NR
High-carbon steel	G(b)	E	NR
Cast iron	G(b)	E	NR
Stainless steel	G(b)	E	NR
Heat-resistant alloys	G(b)	E	NR
Refractory metals	NR	E	NR
Aluminum alloys:			
≤0.64 mm (0.025 in.)	E	NR(c)	G
>0.64 mm (0.025 in.)	E	NR(c)	NR
Castings	E	NR(c)	NR
Beryllium	G(b)	E	NR
Copper and alloys:			
Brass	G(b)	E	NR
Deoxidized copper	NR	E	NR
Silicon bronze	NR	E	NR
Magnesium alloys:			
≤3.2 mm ($^1/_8$ in.)	E	NR(c)	G
>4.8 mm ($^3/_{16}$ in.)	E	NR(c)	NR
Castings	E	NR(c)	NR
Silver	G(b)	E	NR
Titanium alloys	NR	E	NR

Note: E, excellent; G, good; NR, not recommended. (a) Stabilized. Do not use alternating current on tightly jigged assemblies. (b) Amperage should be about 25% higher than when DCEN is used. (c) Unless work is mechanically or chemically cleaned in the areas to be welded

Fig. 7 Plastic bag enclosure that simulates a glove box, used to purge irregularly shaped components in GTAW operations

میکروجوش به آندسته از جوش هایی اطلاق می شود که در جریان های A 1-20 ایجاد شده اند.در بسیاری از مواقع،روش جوشکاری برای اتصال قطعات الکترونیکی استفاده می شود که گرمای ورودی باید بدقت کنترل شود.

گاز های محافظ: روش اولیه GTAW برای جوشکاری آلومینوم و منیزیم از گاز هلیوم به عنوان گاز محافظ استفاده می کرد . اما امروزه بیشتر گاز آرگون بکار می رود.

آرگون تقریبا ارزانتر از سایر گازهای محافظ است.آرگون پتانسیل یونیزاسیون کمتری دارد.($2.52*10^{-18}J$) آرگون براحتی پلاسمای قوس را تشکیل می دهد.آرگون 1.4 برابر هوا سنگین تر بوده ولذا براحتی جایگزین آن شده و حفاظت خوبی را انجام می دهد.

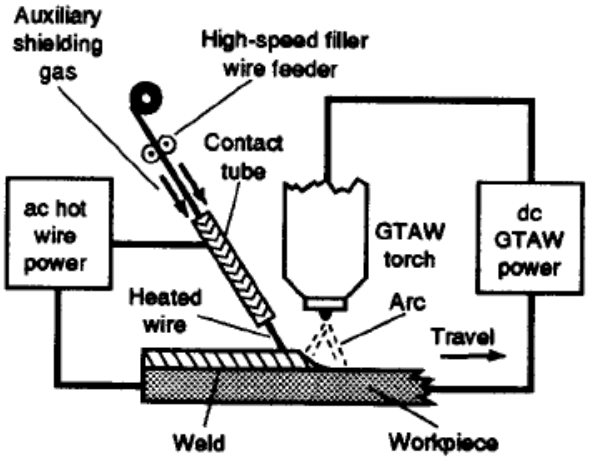

Fig. 8 Schematic showing key components and parameters of a GTAW hot wire system. Source: Ref 4

هلیوم دارای پتانسیل یونیزاسیون j $3.92*10^{-18}$ است و شروع قوس با آن مشکل بوده و در ولتاژهای قوس بالایی کار می کند.ولتاژ قوس بیشتر منجر به گرمای ورودی زیادی شده و برای طول و جریان مشخص داریم:

$$Q = IVt \qquad \text{(Eq 1)}$$

که در آن Q برحسب ژول ، I برحسب آمپر و t برحسب ثانیه است.این میزان بالای گرمای ورودی در جوشکاری آلومینوم ومنیزیم و در کل آلیاژهای با هدایت حرارتی بالا بسیار مفید است.برای جوشکاری قطعات ضخیم آلومینوم با DCEN هلیوم بهترین گاز محافظ است.

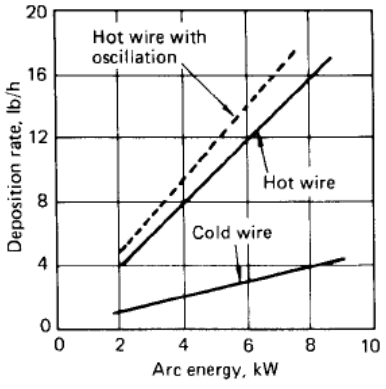

Fig. 9 Deposition rates for GTAW with cold and hot filler wire on a steel workpiece

خلوص گاز. اکثر فلزات را می توان با گازهای با خلوص 99.995% و یا با میزان ناخالصی 50 ppm جوشکاری کرد. اما برای جوشکاری فلزات فعال مثل مولیبدن یا تانتالوم میزان ناخالصی گاز خنثی باید از 50 ppm نیز کمتر باشد که لازمه اینکار استفاده از برخی فیلترها و یا تصفیه کننده ها است.

دبی جریان گاز. به علت سبک بودن گاز هلیوم نسبت به آرگون، باید دبی هلیوم بیشتر از آرگون باشد.از همین رو،در جوشکاری GTAW دبی گاز هلیوم 14 L/min و برای گاز آرگون 7 L/min است.

Backup Purged: حفاظت حوضچه مذاب ا زاتمسفر اطراف آن در جوشکاری GTAWبسیار مهم است.آلودگی های ناشی از اتمسفر سبب بروز عیوبی مثل ترم، پوسته برداری ،تخلخل و ظاهر دانه ای نامناسب خواهند شد.در جوشکاری GTAWراه خروج گازهای محافظ ،محل تورچ جوشکاری است. چون حضور اکسیژن سبب کاهش نفوذ ذوب و ایجاد عیوبی که در بالا بدان اشاره شد، می شود، از اینرو حفاظت پشت محل جوش نیز از اهمیت شایانی برخوردار است.گاهی اوقات از پشت بند های مسی و یا سرامیکی در پشت محل جوش برای نگهداری گاز محافظ و ذوب استفاده می شود.در مواقعی که نیاز به محافظت دقیق لازم است ،از مواد فعال و برخی شگردهای خاص استفاده می شود.در این راستا،دستگاه متحرکی ساخته می شود که حامل گاز خنثی بوده و گاز خنثی را به تمام نقاط جوشکاری می رساند.کیف های پلاستیکی خاصی ساخته شده اند که برای جوشکاری قطعات بزرگ و با اشکال نامنظم بخوبی استفاده می شوند.(شکل 7)

Table 3 Typical parameters for automatic hot wire GTAW

		Torch travel speed		Wire feed rate(a)		Deposition rate	
Arc current, A	Arc voltage, V	mm/min	in./min	mm/min	in./min	kg/h	lb/h
300	10–12	100–255	4–10	2790–9400	110–370	1.4–4.5	3–10
400	11–13	150–355	6–14	4700–11300	185–445	2.3–5.4	5–12
500	12–15	205–510	8–20	7490–16900	292–665	3.6–8.2	8–18

Note: Using a 4.0 to 4.8 mm ($^5/_{32}$ to $^3/_{16}$ in.) diameter 2% Th tungsten electrode with a 75He-25Ar shielding gas. (a) Wire diameter: 1.14 mm (0.045 in.)

مواد پرکننده: عامل تعیین کننده استفاده از فلز پرکننده ،ضخامت قطعه ای است که قرار است جوشکاری شود.ضخامت های کمتر از 3.2 mm را براحتی می توان بدون استفاده از فلزپرکننده جوشکاری کرد.هنگامی که از فلزپرکننده استفاده می شود، این امکان وجود دارد که هم با دست و هم به روش اتوماتیک سیم جوش را به محل جوش انتقال داد.معمولا سیم جوش به حالت سرد استفاده می شود ولی در روش های اتومات سیم گرم نیز بکار میرود.(شکل 8)

سیم جوش: طول سیم جوش ها معمولا 915 mm است که برای جوشکاری دستی استفاده می شود . شکل مقطع این سیم جوش ها گرد است ولی برای جوشکاری بعضی از آلیاژهای آلومینوم می تواند به شکل چهارگوش مستطیلی باشد.

سیم جوش سرد: این نوع سیم جوش را می توان به شکل قرقره های 100 mm تهیه کرد. اما قرقره ها یا کویل های بزرگتر تا 305 mm نیز در بازار وجود دارند که وزنشان تا 225 kg نیز می رسد.این کویل های بزرگ معمولا در جوشکاری GMAW بیشتر استفاده می شوند زیرا به فلزپرکننده بیشتری نیاز دارد.

سیم جوش گرم. در روش GTAW برای افزایش نرخ رسوب از فلزپرکننده گرم استفاده می شود.(شکل 9) سیم جوش تا دمای نزدیک دمای ذوب مقاوم است و نرخ رسوب تا 29 KG/H قابل دسترسی است.این نرخ بالای رسوب دهی با این نوع فرآیند سبب شده است که با روش های جوشکاری دیگر قابلیت رقابت داشته و امکان استفاده از آن در خط تولید را افزوده است.در جدول 3 انواع پارامترهای مورد استفاده در سیم جوش ها آورده شده اند.

اینسرت های جوشکاری. اینسرت های جوشکاری برای ایجاد پشت جوش صاف استفاده می شوند.اینسرتها می توانند از همان مواد و یا مواد دیگر انتخاب شده باشند.پشت جوش صاف در جوشکاری ماشینی قابل حصول است اما در جوشکاری دستی نیز با جوشکارهای ماهر نیز می توان بدان دست یافت. اینسرت ها در وضعیت های مختلف اتصال استفاده می شود.(شکل 10) هدف از بکارگیری اینسرتها در واقع قرار دادن فلزپرکننده در پاس ریشه است.البته اینسرتها گاهی اوقات ترکیب شیمیایی مختلفی با فلز پایه دارند که جهت بهبود قابلیت جوشکاری آن است.

متغیرهای جوشکاری GTAW:

جوشکاری دستی به فرآیندی اطلاق می شود که در آن جوشکاری توسط حرکت تورچ بوسیله جوشکار انجام می شود.اگر تغذیه سیم جوش به یک موتوری متصل شود وبه تورچ هدایت شود در این صورت روش جوش نیمه اتومات نامیده می شود.

جوشکاری توسط جوشکارهای ماهر بخش قابل توجهی از جوشکاری GTAW را بخود اختصاص می دهد. جوشکاری دستی معمولا برای جوشکاری فولادهای زنگ نزن و پاس ریشه فولادهای کربنی استفاده می شود.

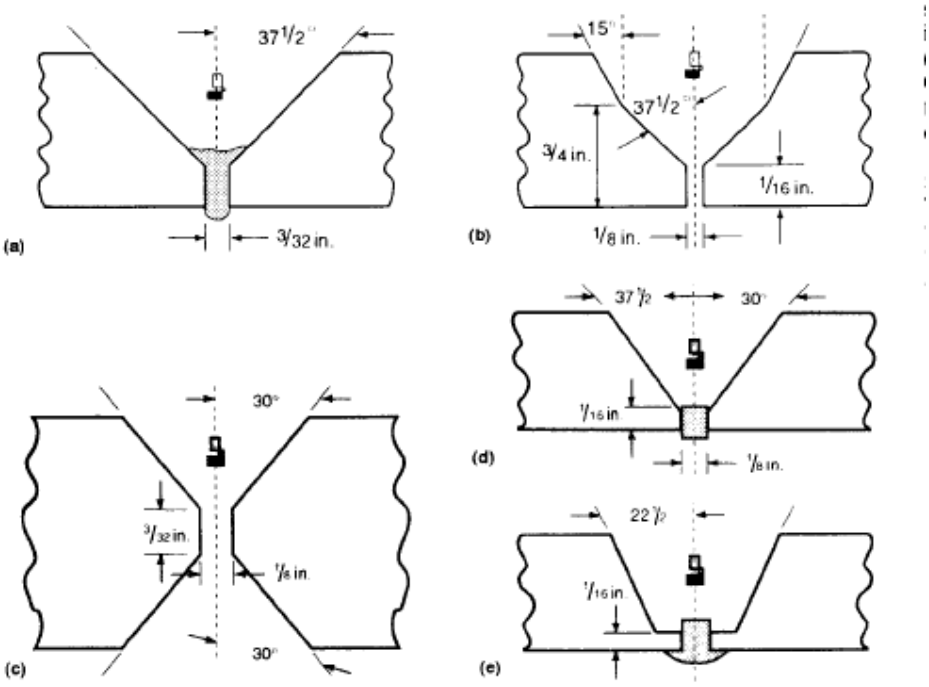

Fig. 10 Selected joint configurations and welding inserts used in GTAW processes. (a) Y-type insert, $^{3}/_{32}$ in., for indexing when accessibility is limited; no land required. (b) Compound bevel with open root, $^{1}/_{8}$ in. gap; land, $^{1}/_{16}$ in. thick. Washer-type insert ($^{1}/_{8} \times {}^{3}/_{32}$ in.) should be used if insert required. (c) Inside diameter/outside diameter preparation with open root, $^{1}/_{8}$ in. gap; land, $^{3}/_{32}$ in. thick. Washer-type insert ($^{1}/_{8} \times {}^{3}/_{32}$ in.) should be used if insert required. (d) Washer-type insert ($^{1}/_{8} \times {}^{3}/_{32}$ in.); land, $^{1}/_{16}$ in. thick. (e) J prep mushroom insert; land, 1/16 in. thick; extended land, $^{3}/_{32}$ in. long

جوشکاری ماشینی نیاز به تنظیم متغیرهای جوشکاری دارد. معمولا این نوع جوشکاری شامل وسیله ای است که قابلیت حمل و نگهداری تورچ جوشکاری را فراهم می آورد.از آنجاییکه ولتاژ عامل بسیار مهم در جوشکاری GTAW بشمار می رود و متناسب باطول قوس است، از اینرو دستگاه فیدبک ولتاژ نیز بکار می رود.

جوشکاری شیار نازک از فرآیند GTAW همراه با سیم جوش سرد در جوشکاری شیار نازک استفاده میشود.در شکل 11 نوعی از این جوشکاری نشان داده میشود.جوشکاری شیار نازک معمولا در جوشکاری ماشینی استفاده می شود که در آن به حرکت بسیار دقیق تورچ جوشکاری نیاز است.

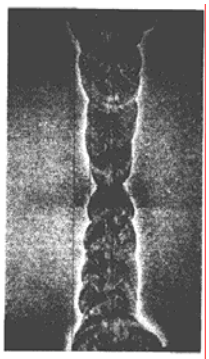

Fig. 11 Typical narrow groove weld produced in mechanized welding applications

جوشکاری اتوماتیک. در این روش نیازی به تنظیم پارامترهای جوشکاری نیست.بیشترین استفاده از این روش در جوشکاری لوله هاست.در این روش جوشکاری،دستگاه به قطع کار متصل می شود و سپس در مسیر محیطی حرکت می کند و فلز را ذوب می کند.بسیاری از دستگاه ها کا رجوش را خودبخود انجام می دهند اما برخی دیگر از منبع تغذیه سیم جوش وتوانایی نوسانی استفاده می کنند.این سیستم ها اغلب درکنار یک دستگاه کامپیوتر بکار میروند تا متغیر های جوشکاری را کنترل کنند.کنترل ها اتوماتیک که از میکروپراسسورها وکنترل عددی کامپیوتری استفاده می کنند،این امکان را فراهم می آورند که یک فرآیند جوش برای جوشکاری انواع محتلف مواد و با شکلهای متنوع بکار رود.شکل 12 چهارده نوع قطعه مختلف را نشان می دهد که با روش GTAW اتومات جوشکاری شده اند.

Welding specifications for components shown in Fig. 12

Welds were made with a 250 A water-cooled GTAW torch that used 1.6 mm (0.062 in.) diameter electrode

	6061 aluminum workpiece(a)			Type 304 stainless steel workpiece(b)	
	Component No. 1	Component No. 2	Component No. 3	Component No. 4	Component No. 5
Workpiece					
Tube diameter, mm (in.)	22.22 (0.875)	28.58 (1.125)	26.82 (1.056)	12.7 (0.5)	19.1 (0.75)
Wall thickness, mm (in.)	1.57 (0.062)	0.88 (0.035)	1.65 (0.065)	0.63 (0.025)	0.63 (0.025)
Power supply					
Peak current, A	50–100	52–60	70–85	20–45	35–45
Background, A	15	15	15	25	15
Pulse rate, pps(c)	5	6	6	8	8
Width, %	65	65	65	75	75
Torch					
Weld travel speed, mm/min (in./min)	405 (16)	405 (16)	405 (16)	380 (15)	380 (15)
Welding cycle time, s	8.0	4.5	6.5	6.0	10.0
Shielding gas					
Flow rate, L/min (ft^3/h)	8.5 (18)	8.5 (18)	8.5 (18)	7.1 (15)	7.1 (15)
Filler metal					
Diameter, mm (in.)	0.8 (0.03)	0.8 (0.03)	0.8 (0.03)	...	...
Feed rate, mm/min (in./min)	3810 (150)	3560 (140)	3810 (140)	...	...
Joint type	Fillet/butt	Butt	Saddle	Fillet	Fillet/butt

(a) 4043 aluminum filler metal; ac/dc square wave power supply; 2% ceriated electrode material; 50% He-50% Ar shielding gas; ac process
(b) No filler metal used; dc precision power supply; 2% thoriated electrode material; argon shielding gas; dc process
(c) Pulses per second

Fig. 12 Typical components produced by automatic GTAW process. Source: Ref 12