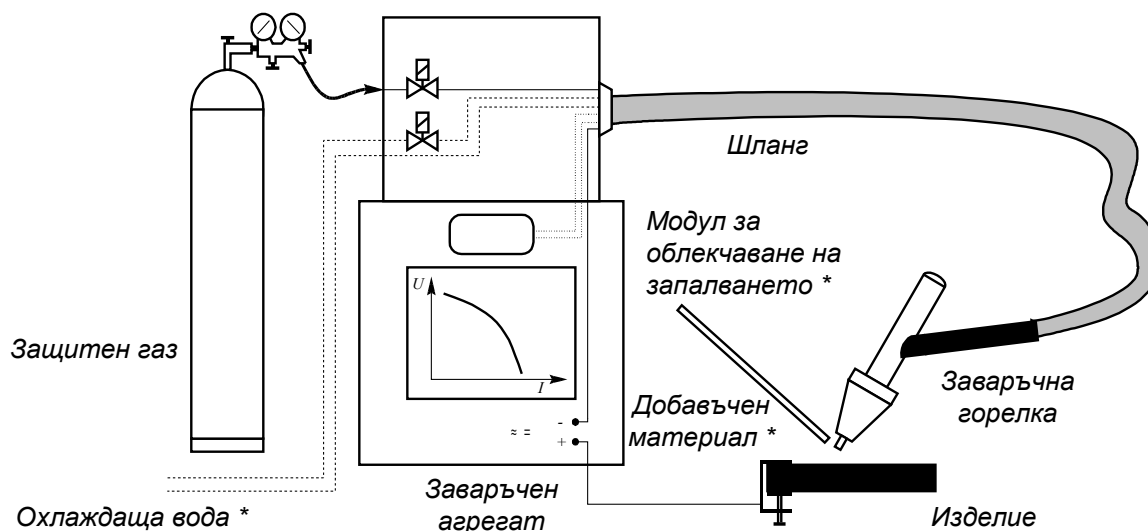


1.11. ВИГ - заваряване

1. Същност

ВИГ-заваряването е електродъгов начин на заваряване с нетопим волфрамов електрод в защитна газова среда от инертен газ. Допълнителният материал може да се подава под формата на пръчка или тел (фиг.1).

ВИГ-заваряването може да се изпълнява ръчно (горелката се държи с едната ръка, а допълнителният материал - с другата) или механизирано (механизирано преместване на горелката и подаване на тела).



*) Не е налично при всички апаратури

Фиг.1: Схема на апаратура за ВИГ-заваряване

2. Предимства

Посредством ВИГ-заваряване могат да се съединяват почти всички заваряеми материали. При заваряване на материали покрити с труднотопим окисен филм (като например алуминий, алуминиеви сплави, магнезий, магнезиеви сплави и др.) е необходимо вземането на специални мерки. Качеството на заваръчния шев е много високо, тъй като с отделянето на източника на топлина (заваръчната дъга) от допълнителния материал могат да се избегнат дефектите образуващи се в началото на шева.

ВИГ-заваряването може да се прилага във всички позиции (пространствени положения). По този начин могат да се заваряват листове с малка дебелина или да се полага корена на шева.

3. Недостатъци

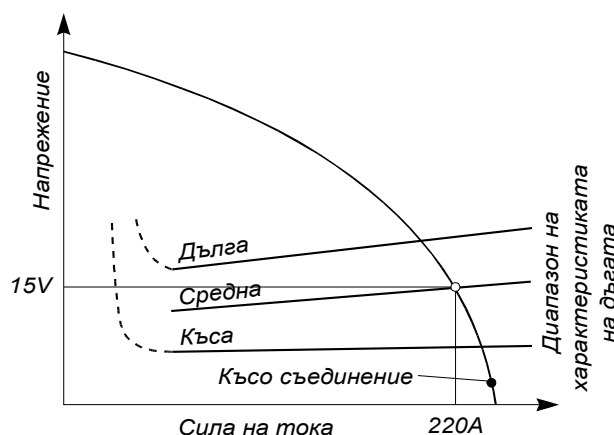
При ВИГ-заваряване се работи с малки скорости на заваряване и ниска производителност на стопяване на метала. За осигуряване на висококачествен заваръчен шев е необходима добра подготовка на заварчика (висококвалифициран заварчик).

4. Заваръчен токоизточник. Постоянен ток

За ВИГ-заваряване на почти всички материали (освен алуминий, магнезий и др.) се използва постоянен ток при права полярност ((-) на електрода). Заваръчните токоизточници са с падаща статична (волт-амперна) характеристика (фиг.2).

При голямо изменение на напрежението (промяна в дължината на дъгата) стойността на заваръчния ток се променя незначително.

Стойността на заваръчния ток може да се задава безстепенно. При старите апарати това се постига посредством трансформатор с увеличено разсейване или трансформатор с допълнително включен трансдуктор (матнитно управляван дросел). Модерните тиристорни или транзисторни токоизточници заедно с безстепенното регулиране на стойността на заваръчния ток могат да се настройват по програми за започване на заваръчния шев, за пулсиране на тока по време на заваряване (импулсно дъгово ВИГ-заваряване) и за запълване на кратера в края на шева.



Фиг. 2.

Апаратите за работа с постоянен ток се захранват с трифазен ток. По този начин се постига равномерно натоварване на мрежата и ниски стойности на подавания ток.

5. Заваръчни токоизточници. Променлив ток

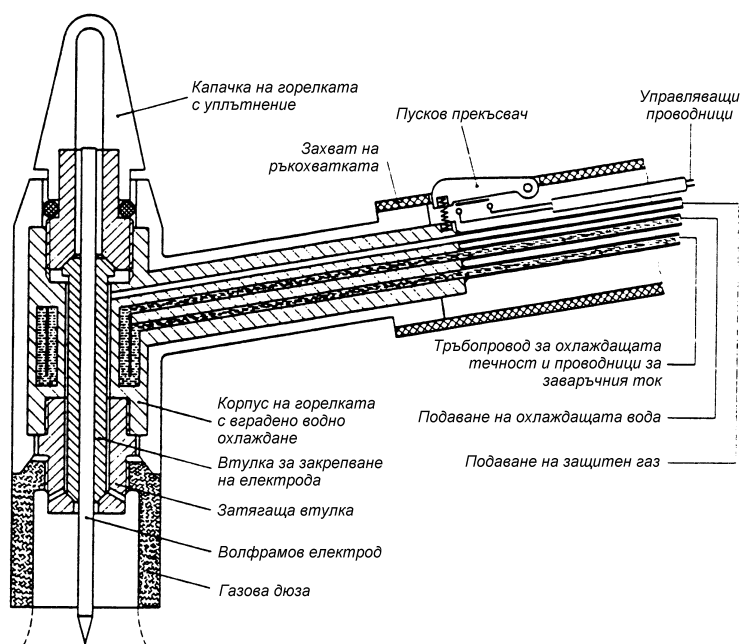
За заваряването на материали с труднотопим окисен филм на повърхността се използва променлив ток (вж. раздела за особеностите при заваряване на алуминий!). Тези токоизточници са изпълнени по правило като постоянно-променливотокови източници).

По-старите апарати използват за безстепенното настройване на заваръчния ток с еднакъв успех трансформатори с увеличено разсейване или трансдуктори. Тези трансформатори притежават една първична и една вторична намотка на включване за разлика от трите вторични намотки при постояннотоковите апарати. Токовото натоварване на мрежата е неравномерно и високо.

Модерните апарати с транзистори се управляват от първичните намотки. При комбинираните (постояннотоковите и променливотоковите) апарати е възможно захранване с трифазен ток. Друго предимство е по-малката маса (олекотената конструкция) на апаратите при използването на по-малък трансформатор и на по-малък дросел.

6. Заваръчна горелка

Заваръчната горелка държи волфрамовия електрод и осигурява газовата защита в мястото на заваряване. При по-високи стойности на заваръчния ток по правило се използва горелка с водно охлаждане, тъй като горелките без охлаждане са по-големи и по-тежки. На фиг.3 е показан разрез на горелка с водно охлаждане.



Фиг. 3.

7. Материал на електрода

За ВИГ-заваряване с постоянен ток се използват волфрамови електроди с прибавки на ториев окис, циркониев окис, лантанов окис и смес от тези окиси. Окисите в количество от 1 до 5% подобряват запалването на дъгата и повишават възможностите за токово натоварване (за работа с по-големи стойности на тока!). (Съгласно DIN 32528 и ISO 6848 и табл.1). За ВИГ-заваряване с променлив ток се използват предимно електроди от чист волфрам.

Таблица 1:

Волфрамови електроди: състав, обозначение, цвят по DIN 32528 и особености				
Материал на електрода	Прибавки в тегл. %	Обозначение	Цвят	Забележка
волфрам	без прибавки	W	зелен	При променлив ток изправящото действие на дъгата е по-слабо. Дъгата е по-стабилна. Върхът на електрода е сферичен. При постоянен ток възникват проблеми със запалването на дъгата, когато не се използват импулси с високо напрежение.
волфрам	с ториев окис 0,9 ÷ 1,2 ThO ₂ 1,8 ÷ 2,2 ThO ₂ 2,8 ÷ 2,2 ThO ₂ 3,8 ÷ 4,2 ThO ₂	WT 10 WT 20 WT 30 WT 40	жълт червен	С нарастване на количеството на ториевия окис се намалява енергията за отделяне на електрони, подобрява се запалването на дъгата, стабилността и възможността за работа с по-големи стойности на тока, при много големи стойности на тока може да се намали стабилността на дъгата. Електроди с малко торий почти не се влияят от тока.
волфрам	с циркониев окис 0,3 ÷ 0,5 ZrO ₂ 0,7 ÷ 0,9 ZrO ₂	WZ 4 WZ 8	кафяв бял	По-малко замърсяване на течния метал от електрода (заваряване на части от атомни реактори).
волфрам	с лантанов окис 0,9 ÷ 1,2 LaO ₂	WL 10	черен	По-голяма трайност в сравнение с WT-електродите (плазмено заваряване).

Изпалзваните дълги години електроди с ториев окис трябваше да се заменят, тъй като торият е слабо радиоактивен елемент. Увреждания на здравето от самия електрод не са

регистрирани. Възможно е обаче при заточването на електрода на шмиргел, без аспирация да се вдишат ториеви частици, които се отлагат в дробовите.

Електродите обикновено имат диаметър от 1 ÷ 3,2 mm и за ниските стойности на тока са заточени с конусна форма. С нарастване на тока ъгълът на конуса нараства.

При променлив ток се използва най-често притъпен конус на върха на електрода. При високо термично натоварване на края на електрода се образува малка сферичка от стопен метал.

8. Възможности за натоварване на електрода (издържливост)

Максималното токово натоварване на електрода е в зависимост от диаметъра, вида на тока, полярността и в по-малка степен от охлаждането на горелката (вж. Таблица 2).

Таблица 2:

Токово натоварване на волфрамовите електроди		
Натоварване	Вид на тока	Полярност/форма на тока
високо	постоянен	(-) на електрода
екстремно ниско	постоянен	(+) на електрода
назначително	променлив	синусоидален
средно	променлив	правоъгълен с управляема плюсова и минусова полуwave

9. Полярност на електрода / вид на тока

По правило се работи с постоянен ток или с импулсен постоянен ток при права полярност (-) на електрода.

За материали с труднотопим осисен филм на повърхността като алуминий, магнезий и техните сплави, както и при някои бронзи се използва променлив ток със синусоидална или правоъгълна форма.

Специален случай: Алуминият може да се заварява в защитна среда от хелий при права полярност (-) на електрода) с къса дъга (има смисъл само при механизирано заваряване).

10. Защитни газове

За ВИГ- заваряване се използват инертни газове като аргон, хелий или смес от тях.

В Европа се заварява по правило със 100% аргон, тъй като хелият е много скъп. Само при дебели части от алуминий или мед може да се вдухва смес от аргон и хелий или 100% хелий при висока скорост на заваряване и достатъчен провар.

Защитните газове са нормирани по DIN 32526.

В таблици 3 и 4 са посочени областите на приложение и свойствата на защитните газове.

Таблица 3:

Области на приложение на защитните газове						
МАТЕРИАЛ						
	Строителни стомани	Легирани, корозионно устойчиви стомани	Алуминий, алуминиеви сплави	Мед, медни сплави	Никел, никелови сплави	Материали, разтварящи газове
Аргон	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Смес от аргон и водород		✓			✓	
Хелий			✓	✓		✓
Смес от аргон и хелий 25/75			✓	✓		✓
Защита на корена	Формиращ газ: аргон	Формиращ газ: Ar/H ₂ - смес	аргон		аргон	аргон хелий
Вид на тока / полярност	= (-)	= (-)	= (-)	= (-)	= (-)	= (-)

Таблица 4:

Влияние на защитния газ при ВИГ-заваряване					
Свойства					
Защитен газ	Запалване	Стабилност на дъгата	Широчина на шева	Производителност	Скорост на заваряване
Аргон	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓	✓✓
Смес от аргон и водород	✓✓✓	✓✓✓	✓✓	✓✓	✓✓✓
Хелий	✓	✓	✓	✓✓✓	✓✓✓
Смес от хелий и аргон 25/75	✓✓	✓✓	✓✓✓	✓✓	✓✓✓
Смес от хелий и аргон 50/50	✓	✓	✓✓	✓✓✓	✓✓✓

11. Допълнителни материали за заваряване

ВИГ-заваряването се прилага предимно при използването на допълнителен материал. Само при тънки детайли с много добро напасване на краищата може да се откажем от допълнителния материал.

При ръчно заваряване се подават пръчки с диаметър 1 ÷ 3,2 mm и дължина 1 m от свободната ръка на заварчика.

За механизирано заваряване се използват електродни телове с диаметър 0,8 ÷ 1,6 mm.

Допълнителните материали са нормирани съгласно DIN 8554/1, DIN 8559/1 и ISO 636 (за стомани).

В таблица 5 са изброени някои най-използвани допълнителни материали за заваряване на алуминий.

Таблица 5:

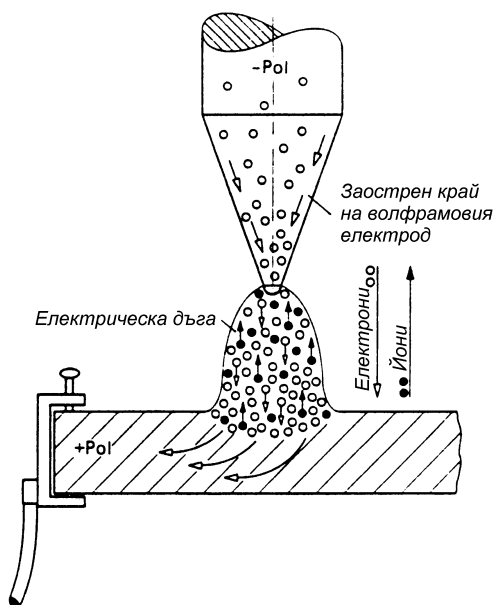
Допълнителни материали, препоръчвани при заваряването на алуминиеви детайли		
	Основен материал	Допълнителен материал
Сплави, които не се уякчават чрез термообработка	Al 99,8 Al 99,5	S - Al 99,8 S - Al 99,5 S - Al 99,5 Ti S - Al Mn
	Al Mn Al Mg 3 Al Mg 2 Mn 0,8 (Al Mg Mn) Al Mg 4,5 Mn	S - Al Mg 3 S - Al Mg 4,5 Mn
Сплави, уякчавани чрез термообработка	Al Mg Si 0,5	S - Al Mg 3 S - Al Mg 5 S - Al Mg 5
	Al Mg Si 1 Al Zn 4,5 Mg 1	S - Al Mg 4,5 Mn S - Al Mg 4,5 Mn

12. Техника на работа

При ВИГ-заваряването дъгата гори между нетопящ се електрод и заварявания материал. Допълнителният материал се подава отделно. Мястото на заваряване се покрива със защитен газ.

13. Запалване на дъгата при заваряване с постоянен ток

Електрическата дъга може да възникне и да се запази стабилна, ако веригата електрод - заваряван материал е електропроводима. Към тази верига принадлежат електроните и йоните (Фиг.4).



Фиг. 4.

За запалването на дъгата електродът трябва да се доближи (допре) до заварявания материал. От тока на късо съединение се изпарява определено количество метал и при оттеглянето на електрода електроните могат да се отделят от електрода и веригата електрод - заваряван материал става електрически проводима. Недостатък е това, че частички от волфрамовия електрод могат да попаднат в заваръчната вана. Най-често прилаганият начин за възбуждане на дъгата е високочестотния.

Импулсите с напрежение над 1000 V и продължителност от около 2 микросекунди йонизират промеждутъка между електрода и заварявания материал и осигуряват възбуждане на дъгата без допиране (при включен заваръчен токоизточник). За защита на заваръчния токоизточник са

необходимите предпазни мерки, като например включване във веригата на високочестотни дросели. Също така при измерванията трябва да се включат (вградят) предпазни превключватели, които да отделят измерителните уреди от високочестотните импулси, без да изкривяват (изопачават) резултатите от измерването. Когато дъгата се възбуди, при заваряване с постояннотоков източник се изключва запалването.

14. Особености при заваряване на алуминий и магнезий

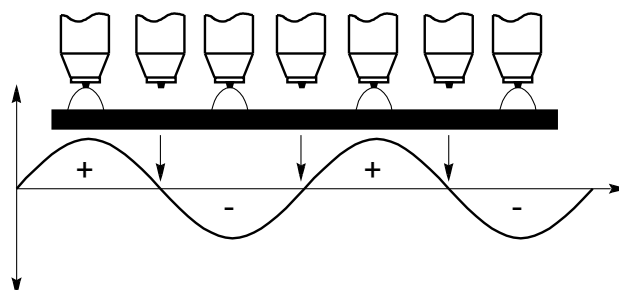
Тези материали, както и някои бронзи, на въздух образуват много бързо здраво захванат, плътен, труднотопим окисен филм.

Този окисен филм при алуминия има точка на топене над 2000°C , докато алуминият като метал се топи при 660°C .

Ако този филм не се отстрани преди заваряване, алуминият може само да се стопи, като окисната коричка задържа двете вани поотделно и пречи да се слепят, така че не е възможно свързване (съединяване) на заваряваните части.

Ако окисният филм се отстрани малко преди заваряване, при високата температура на заваряване и наличието в защитния газ дори на следи от кислород веднага се образува нов филм. Окисният филм е най-добре да се отстрани по време на заваряване.

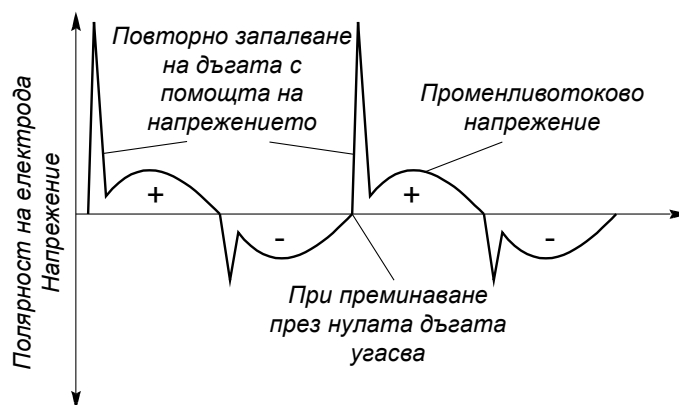
Това е възможно, ако волфрамовият електрод е свързан с положителния полюс. Газовите йони се ускоряват в дъгата и падат с голяма скорост върху повърхността на заварявания детайл. Възниква един вид пясъкоструен ефект, който разрушава окисната коричка. Свързването на електрода с положителния полюс няма смисъл поради ниските максимално допустими стойности на заваръчния ток. Поради това се избира променлив ток. Кратковременното свързване на електрода с положителния полюс е напълно достатъчно за почистване на ламарината. При електронно-управляемите токоизточници широчината на положителната полуwave може да се променя безстепенно, за да се постигне възможно най-добро почистващо действие. С това електродът се разтоварва термично и се подобрява провара на заварявания детайл. Заваръчната дъга загасва при променлив ток при всяко преминаване през нулата (100 пъти при 50 Hz променлив ток и до 2000 пъти при електронно управлявани токоизточници с вариращо настройване на честотата - фиг.5).



Фиг. 5.

Електрическата дъга трябва след всяко преминаване през нулата да се възбужда отново, както при постоянен ток в началото на заваряването с високоволтови импулси. Особено ако заваряваният материал е свързан с (-) полюс, работата за избиване на електрони при ниска температура на заваръчната ванна е голяма.

В този случай най-често е необходим силен високоволтов импулс, докато при свързване на електрода с (-) полюс (при повече от 3000°C на върха на електрода) изобщо не е необходим импулс или пък е необходим само слаб високоволтов импулс за ново възбуждане на дъгата (фиг.6).

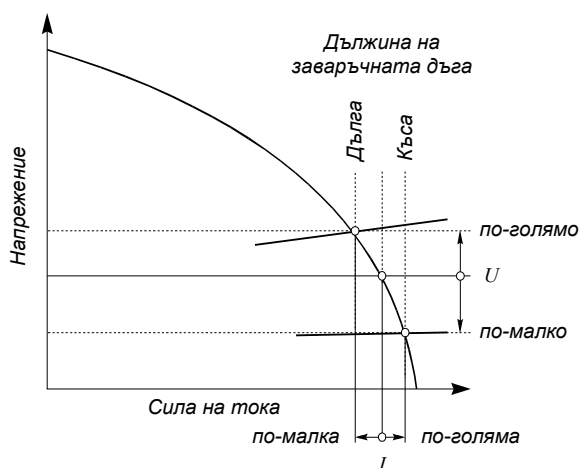


Фиг. 6: Генератор на импулси на напрежение

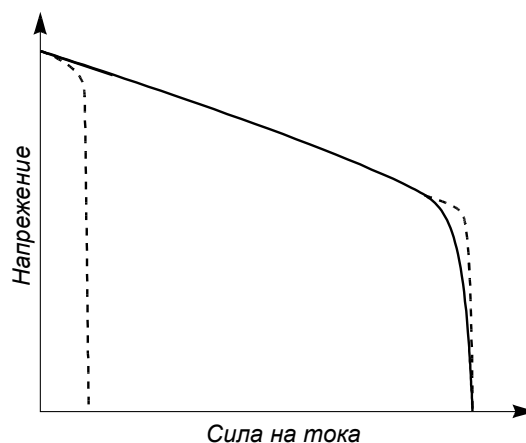
15. Електрическа заваръчна дъга

Заваръчната дъга при ВИГ-заваряването се нуждае при определена стойност на тока от точно определено напрежение (респективно дължина на дъгата), за да постигнем оптимален заваръчен шев.

Характеристиката на източника (статичната характеристика) е падаща и може да се получи при електронно-управляваните токоизточници като константен ток (фиг.7 и 8).



Фиг. 7: Изместване на работната точка чрез промяна на дължината на дъгата

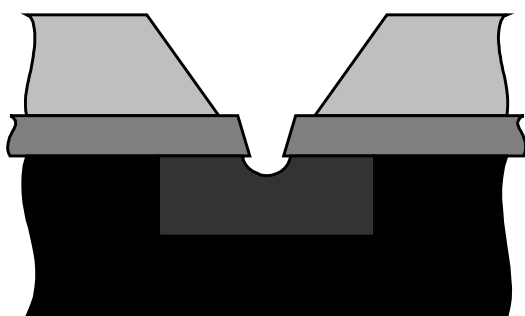


Фиг. 8: Характеристика на електронно управлявани токови източници с константен ток

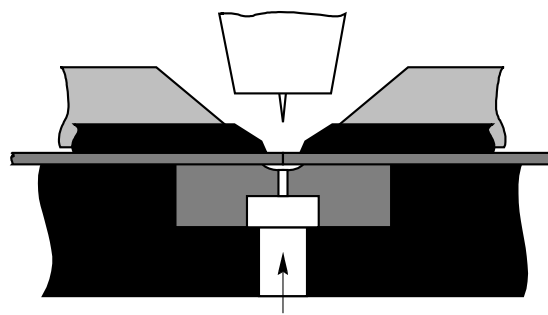
16. Защита на корена на шева

Горната част на заваръчния шев е защитена от окисляване с помощта на излизация от горелката защитен газ. Страната от корена на шева трябва също да бъде защитена с аргон или формиращ газ (аргон + 1 ÷ 30% H₂ или N₂ + 1 ÷ 30% H₂).

Приспособленията за защита на корена на шева са показани на следващите фигури (9 ÷ 11).

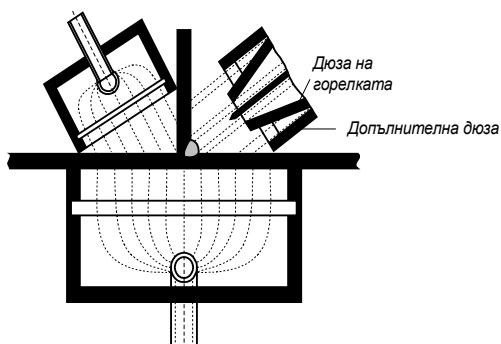


Фиг. 9: Приспособление за захващане; медна шина с жлеб, защита на корена на шева чрез ограничаване на достъпа на въздух; не осигурява добра защита

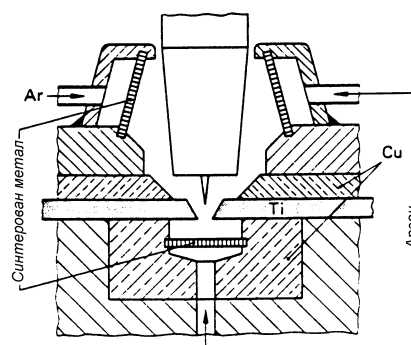


Защитен газ за кореновия слой

Фиг. 10: Приспособление за захващане с медна шина и защита на корена на шева посредством защитен газ



Фиг. 11: Приспособление за захващане на тръби с газопровод за защита на корена

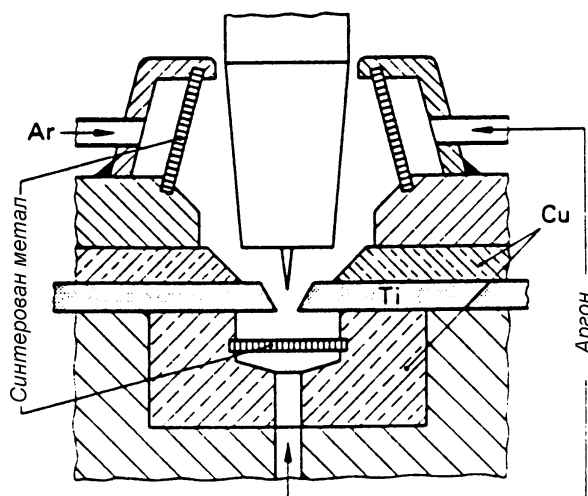


17. Материали, чувствителни към газовата фаза

Материали като титан и цирконий при температура над 300 °C могат да разтворят газове от атмосферата и да станат крехки.

За да се предпазим от това, трябва при заваряване защитният газ да се задържа достатъчно дълго време над съединението, докато температурата на заварявания детайл не падне под 300 °C.

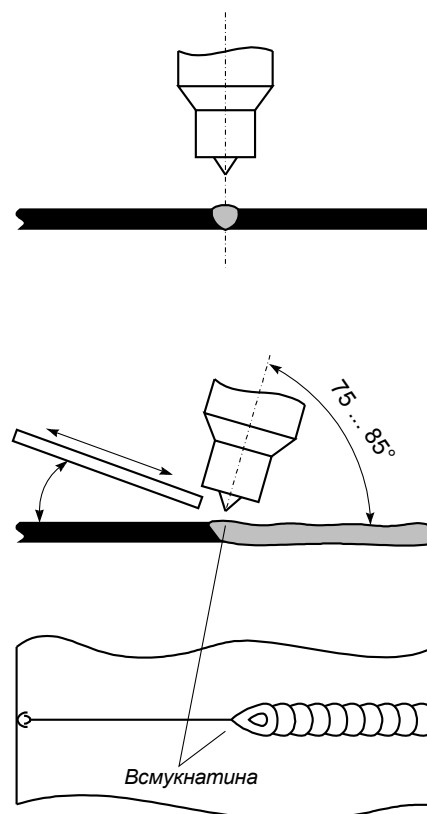
В много случаи при заваряване на тези материали са необходими газове с голяма чистота. На фиг.12 е показано приспособление за осигуряване на газова защита.



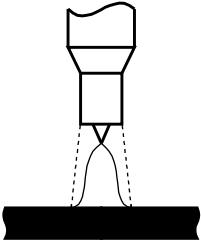
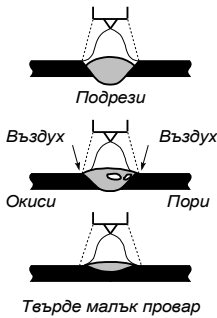
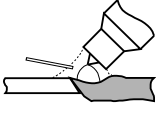
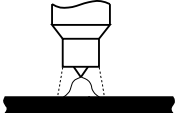
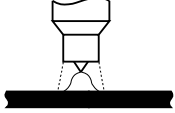
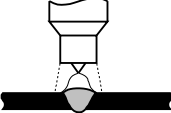
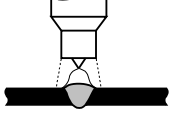
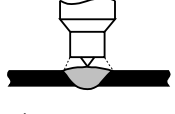
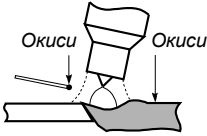
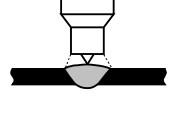
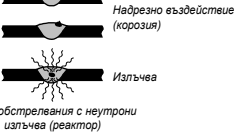
Фиг.12: Приспособление за заваряване на метали, склонни към разтваряне на газове

18. Придвижване на горелката и на добавъчния материал

При ръчно заваряване, както и при механизизирано ВИГ-заваряване заваръчната горелка и допълнителния материал трябва точно да са позиционирани, за да се избегне образуването на дефекти. На фиг.13 е показано положението на горелката и допълнителния материал. При погрешно разположение на горелката и допълнителния материал дефектите в заваръчния шев са неизбежни. На фиг.14 са показани някои от тях.



Фиг.13: Положние на горелката,
наклон на тела

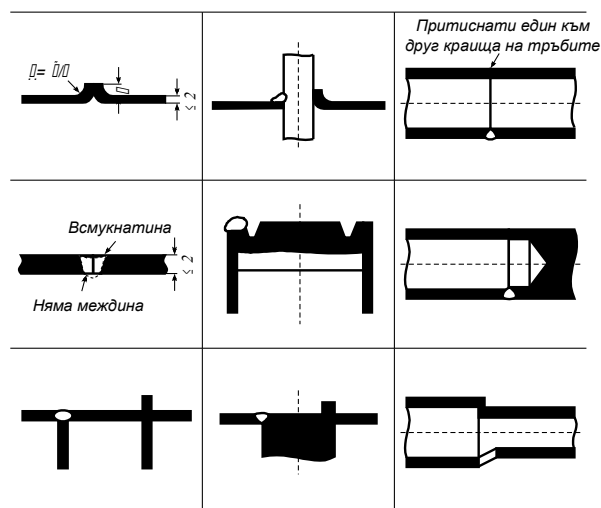
Несъвършенства	Възможни последици
 Твърде дълга дъга	 Твърде малък провар
 Твърде голям наклон на горелката	
 Отместване на горелката	
 Отместване на горелката	
 Върхът на добавъчния материал напуска след стопяване зоната със защитен газ	
 Волфрамови включения	
 Волфрамови включения	 След обстрелвания с неутрони излъчеве (реактор)

Фиг.14: Грешки, предизвикани от неправилно водене на горелката и тела

19. Подготовка на краищата при заваряване на стоманени детайли

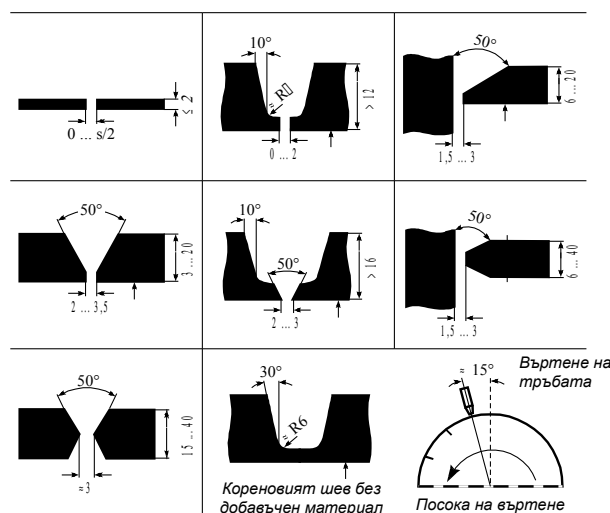
Хромниковите стомани и нелегираните стомани порди по-малката си топлопроводимост изискват по-малък ъгъл на скосяване в сравнение с алуминия. При определена геометрия на шева особено при по-тънките ламарини, е възможно заваряване без допълнителен материал. Това е едно предимство при механизирането на процеса, тъй като воденето и изправянето на допълнителния тел отпада. Заваряване без допълнителен материал е възможно само при

много добра подготовка на краищата, за да не се получат дефекти в горната част и в корена на шева. На фиг.15 са показани няколко начина за подготовка на краищата.



Фиг.15: Видове шевове при ВИГ-заваряване на стомани без допълнителен материал

ВИГ-заваряването на стомани се прилага предимно за тънки ламарини в принудени позиции и за заваряване на корена на шева при дебели ламарини. На фиг.16 са показани няколко начина за подготовка на краищата. При използването на допълнителен материал е необходимо да се оставя заваръчна междина.



Фиг.16: Подготовка на краищата на шева за ВИГ-заваряване на стомани с допълнителен материал

20. Заваряване на корена на шева

Заваряването на корена на шева изисква висококвалифициран заварчик, тъй като тук могат да се допуснат много грешки. На фиг.17 са показани някои от грешките.

При обикновеното заваряване на корена на шева заваръчната междина трябва да е толкова голяма, че да има достатъчно място за пръчката допълнителен материал, докато при механизираното заваряване заваръчната междина най-често е равна на нула.

Твърде малък ъгъл голямо разместване на краищата		
твърде голямо или твърде малко разстояние		

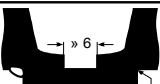
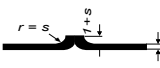
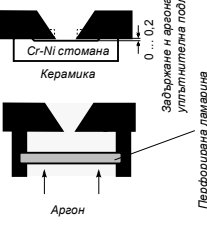
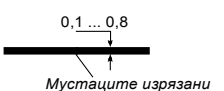
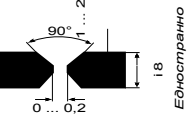
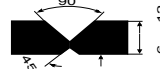
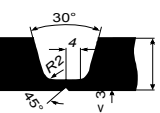
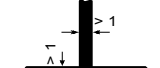
несиметричен профил на шева	
окисляване от кислорода на въздуха	
твърде високо налягане на защитния газ в корена	
твърде дълга дъга	
замърсен волфрамов електрод	
изместена горелка	
твърде голям ток (твърде малка скорост на заваряване)	

Фиг.17: Причини за възникване на дефекти при ВИГ-заваряване на първия слой на стомани

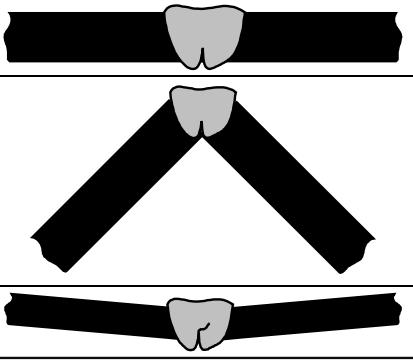
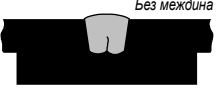
21. Подготовка на краищата при заваряване на алуминий

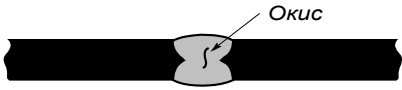
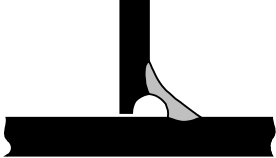
Алуминият като добър проводник на топлина изисква друга подготовка на заваряваните краища, различна от подготовката на стоманата. Ъгълът на скосяване е по-голям (90° и повече). Трябва да се има предвид, че при изпълнение на заварено съединение окисният филм е отстранен само там, където гори дъгата. При заваряване без заваръчна междина окисите по челната повърхност могат да не се стопят и да останат във вид на твърди частици в корена на шева.

Това може да се избегне със скосяване на долния ръб или с по-дълбоко проваряване на корена на шева. На фиг.18 са показани няколко начина на подготовка на заваряваните краища.

 Cr - Ni стомана s = 0,5 mm плътнo контактуване			
 Cr-Ni стомана Керамика Задръжаче и аргона издъг утопителна подложка Перфорирана ламарина или синтерован метал Аргон	пригодно за всички позиции възможен голям толеранс няма окиси в корена	 Мустаците изрязани	
		 Еднострaнно последователно	
			
			

Фиг.18: Подготовка на краищата на шева при алуминий

 Без подготовка на краищата, без добавъчен материал	непочистена област на шева твърде голяма пукнатина и достъп на въздух от задната страна долните ръбове на шева не са прекъснати твърде малък заваръчен ток твърде дълга дъга допълнителният материал е бил потопен твърде дълбоко в стопилката
 Без междина	окисите не могат да бъдат отведени надолу очистващото действие на дъгата не достига до вдлъбнатината в стопилката не е пригодно за алуминий

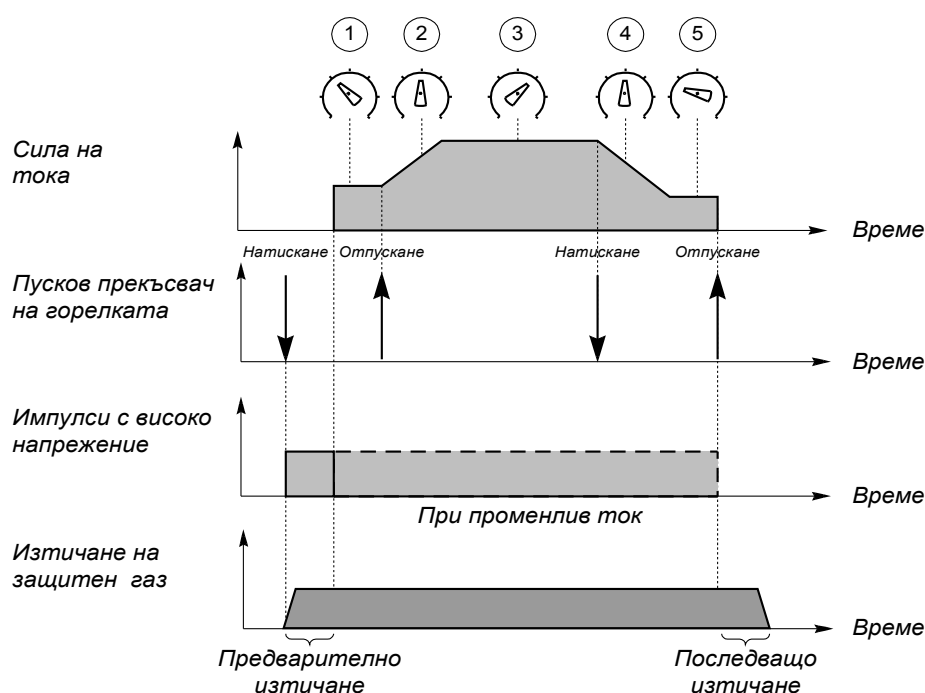
 Заварено двустранно последователно	I-шев при твърде дебели заготовки
 Заварено двустранно едновременно	твърде слаб заваръчен ток твърде голяма скорост на заваряване I-шев при твърде дебели листове (над 10 mm) твърде малка междина
	няма контакт между детайлите твърде малък заваръчен ток твърде дълга дъга твърде голям наклон на горелката твърде голямо закръгляне на волфрамовия електрод променлив ток без постояннотокова компонента

Фиг.19: Дефекти при ръчно ВИГ-заваряване на алуминий

22. Програмиране на заваръчния ток

Заваръчният ток определя дълбочината на провара. В зависимост от дебелината на ламарината и скоростта на заваряване заваръчният ток трябва да се настрои точно, за да се получи желания заваръчен шев. Напрежението на дъгата се настройва при това посредством съответната дължина на дъгата ($1 \div 3 \text{ mm}$). Някои токоизточници предлагат програма за заваръчния ток, за да предпазят волфрамовия електрод от прегряване в началото на заваряването чрез използването на слаб заваръчен ток и в края на процеса чрез понижаване на заваръчния ток да не се получи пукнатина в кратера.

Фиг.20 показва циклограмата на тока и продухването със защитен газ по време на ВИГ-заваряване.



Фиг. 20: Работен цикъл при ВИГ-заваряване

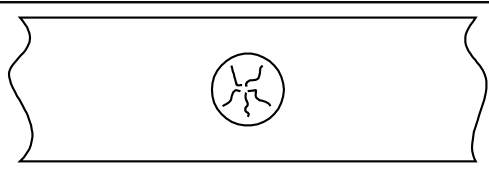
По време на заваряването може също така заваръчният ток да се пулсира с ниска честота ($0,5 \div 5 \text{ Hz}$). По този начин е възможно образуване на заварено съединение (при дебели ламарини) при еднослойно нанасяне на кореновия слой. По време на фазата на подаване на импулса заваръчната ванна е така загрята, че се намира в момент малко преди протичане. По време на фаза със слаб ток заваръчната ванна отново се охлажда.

Ако горелката се премести по-нататък, се получава пробив след пробив. Качеството на заваряване е високо, недостатък е малката скорост на заваряване.

23. ВИГ-нитоване

ВИГ-нитоването се използва за съединяване на лежащи една върху друга ламарини. Без пробиване на отвор в горната ламарина трябва да се заварява само при тънки ламарини от обикновена стомана и хромникелова стомана ($< 1 \text{ mm}$). Пробиване на отвор в горната ламарина е необходимо при алуминий, препоръчва се и при други материали. Начинът на кратковременно заваряване ($< 25 \text{ s}$) е интересен с вкарването на малко количество топлина. Допълнителният материал трябва да се подава механизирано.

На фиг.21 са изброени грешки при ВИГ-нитоването.

	силен заваръчен ток голямо време за заваряване заваряване без подложка
	непочистени окиси преди заваряването твърде слаб заваръчен ток при твърде голямо време за заваряване
	няма контакт между гория и долния лист
	твърде остър електрод
	в твърде бърза серия твърде бързо нанесени точки липсва охлаждане на газовата дюза подложка с твърде голямо топлоотвеждане
	пукнатини след стопяването няма бавно намаляване на тока с подаване на тел материал, чувствителен към горещи пукнатини

Фиг.21: Дефекти при точково ВИГ-заваряване

24. Обобщение

Транзисторно управляваните токоизточници, първично управлявани, приспособени за постоянен и променлив ток, изместват в много области конвенционалните токоизточници. Теглото и габаритите им могат съществено да се намалят.

Трифазните източници осигуряват едно равномерно натоварване при ниски стойности на тока. Многостранните възможности на тези апарати позволяват решаването на редица проблеми при заваряването, които създават проблеми при конвенционалните токоизточници.

Преди закупуването на такива апарати, които струват значително повече в сравнение с конвенционалните апарати, те трябва да бъдат изправвани от добър заварчик, тъй като не всички апарати притежават качествата, които се обещават.

Ако например честотата на променливия ток се повиши от 50 на 200 и повече Hz може при рязък преход на заваръчния ток през нулата да възникне неприятен дразнещ шум в заваръчната дъга.