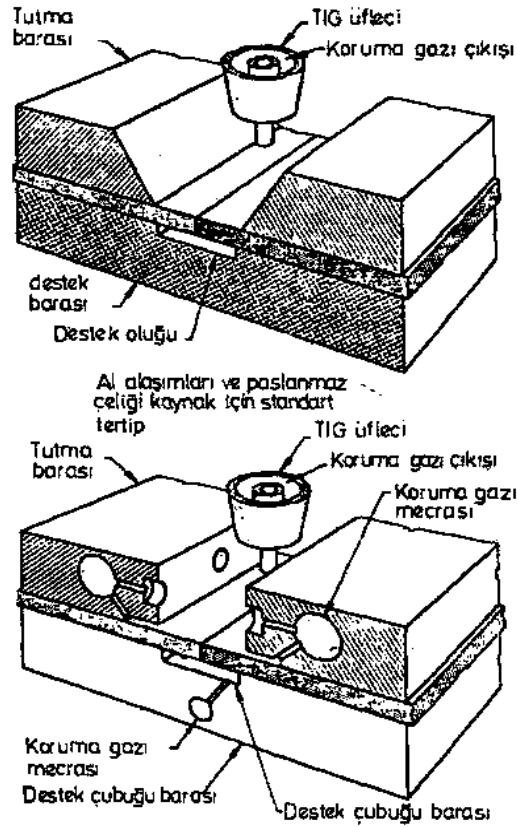


## TİTANYUM VE ALAŞIMLARININ KAYNAK SÜREÇLERİ

Titanium ve alaşımlarının çoğu başlıca TIG, plasma-ark, MIG ve elektron huzme süreçleriyle kaynak edilebilirler. Sair süreçler aşağıda ayrıca irdelenmiştir.

Uygulamalar ve donanım genellikle austenitik paslanmaz çelik veya alüminyumda kullanılanların aynıdır. Ancak, Ti ve alaşımlarının 535°C'ın üstünde fevkalâde aktif olmaları itibarıyla, kaynağın ve birleştirmenin sıcak kök tarafının korunmasına, austenitik paslanmaz çelik veya Al alaşımlarında olduğundan daha fazla özen gerektirir (Şekil: 274).

Sağlam bir kaynağın belirtilerinden biri, kaynak yüzeyinde sertleşme (tav) renklerinin hasıl olmamasıdır. Maviye kadar koyulaşan renk, kaynak sırasında metalin gerektiği gibi korunmadığını gösterir.



Şekil: 274 — TIG kaynağı için tipik gaz koruma tertipleri. (Üstte) Al alaşımları ve paslanmaz çeliğin kaynağında gaz koruması üfleçten olup destek oluğundan koruma gazı kullanımı isteğe bağlıdır.

(Alta) Ti ve alaşımlarının bir kaynak odası dışında kaynağında gaz koruması üfleç ve tespit çubuklarıyla alt destek çubuklarındaki mecralardan olur.

## GENEL HAZIRLIKLAR

### *İlave metaller*

Yakl. 2.5 mm den kalın titaniumun TIG ile kaynağında, bir ilâve metal kullanılacaktır. Plasma ark kaynağında, 12 mm den az kalın metalda, ilâve metal kullanılabilir veya kullanılmayabilir.

İlave metal bileşimi mutad olarak kaynak edilen Ti grade'ine eş olur. Alaşimsız titaniumun yüksek mukavemetli grade'lerinin kaynağında artırılmış birleştirme sünekliği elde etmek için bazen ana metalinkinden daha alçak akma sınırlı bir ilâve metal kullanılır. Aynı nedenle Ti5A12.5Sn ile Tİ6A14V yi kaynak etmek için alaşimsız ilâve metal kullanılmıştır.

AWS A5.16-70 de ondört Ti ve Ti alaşımı ilâve metal (veya elektrod) sınıflandırmaları verilmiştir. Bunlardan beşi esas itibariyle alaşimsız Ti olup gerisi alaşımli Ti ilâve metalleridir.

DIN 1737 Blatt 1'e göre titanium ve titanium-palladium alaşımlarının kaynağı için ilave çubuk,tel,elektrod tellerinin bileşimi

Sembol	Malzeme no	KİMYASAL BİLEŞİM							Uygun Anametal malzeme no
		Alaşım bileşenleri %			Mücade edilen saflığı bozan maddeler % max.				
		O <sub>2</sub>	Pd	Ti	Fe	N	C	H	
SG-Ti1	3.7026	—	—	Kalani	0,20	0,05	0,08	0,013	3.7025 *)
SG-Ti1 Pd	3.7226	0,03 — 0,12	0,15 — 0,25						3.7225 **)
SG-Ti2	3.7036	—	—	Kalani	0,25	0,05	0,08	0,013	3.7035 *)
SG-Ti2 Pd	3.7236	0,07 — 0,18	0,15 — 0,25						3.7235 **)
SG-Ti3	3.7056	—	—	Kalani	0,30	0,05	0,10	0,013	3.7055 *)
SG-Ti3 Pd	3.7256	0,15 — 0,25	0,15 — 0,25						3.7255 **)
SG-Ti4	3.7065	0,22 — 0,35		Kalani	0,35	0,05	0,10	0,013	3.7065 *)

\*) DIN 17850'de olduğu gibi.  
\*\*) Bir standart hazırlanmaktadır.

İlave metallarda C, O, H ve N için azami oranlar tespit edilmiştir. İki grade ERTi 6A1-4V ilâve metalin bileşimleri şöyledir:

	ERTİ6A14V	ERTİ6A14V-1
Karbon	0.05 max.	0.04 max.
Oksijen	0.15 max.	0.10 max.
Hidrojen	0.008 max.	0.005 max.
Azot	0.020 max.	0.012 max.
Alüminyum	5.5-6.75	5.5-6.75
Vanadium	3.5-4.5	3.5-4.5
Demir	0.25 max.	0.15 max.

### Koruma gazları

Ti ve alaşımlarının kaynağında sadece argon ve helium ve bazen de bunların karışımı kullanılır. Argon kullanımının yaygınlığı daha ucuz olup kolay bulunmasından dolayıdır, özellikle daha az ısının gerektiği ve ısı girdisinde hissedilir değişme olmadan ark uzunluğunun değiştirilebileceği ince kesitlerde kullanılır. Helium çoğu kez otomatik çalışmalarda kullanılır; bunlarda ark kontrolü kolaydır.

### Kaynak ağızı hazırlığı

Kaynağın, aşağıda göreceğimiz kaynak odası dışında yapılması halinde birleştirme yerinin özenle tasarlanması gerekir şöyle ki kaynağın üst ve altı koruna-bilmelidir. Tipik birleştirmelerin ölçüleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Titaniumun TIG kaynağında (kaynak çubuğu kullanılarak:  $\phi = 1.6 \dots 3.2$  mm) ağız hazırlığının ve elektrod çaplarının mutlak değerleri

Adlandırma	Ağız şekli	Kalınlık d mm	Tabaka sayısı ve sırası	Elektrod $\phi$ mm	Ağız ve kök aralığı mm	Ağız açısı (°)	Kök yüksekliği h mm
I		0,2 ... 2	1	1,6	0	—	—
		1 ... 3	2 taraflı	1,6	0	—	—
		1 ... 3	1	3,2	0,1 d	—	—
V		2 ... 3	1	1,6 ... 2,4	0 ... 0,1 d	30 ... 60°	0,1 ... 0,25 d
		3 ... 6	2	1,6 ... 2,4	0,1 d	30 ... 60°	0,1 ... 0,25 d
		3 ... 12	2	2,4 ... 3,2	0,1 d	30 ... 90°	0,1 ... 0,25 d
X		6 ... 12	2 ... 4	2,4	0,1 d	30 ... 90°	0,1 ... 0,25 d
		6 ... 20	2 ... 6	3,2	0,1 d	30 ... 90°	0,1 ... 0,25 d
U		6 ... 20	2 ... 10	2,4 ... 3,2	0,1 d	15 ... 30°	0,1 ... 0,25 d
Cift U		20 ... 38	8 ... 20	3,2	0,1 d	15 ... 30°	0,1 ... 0,25 d
Tek taraflı köşe		1 ... 3	1	1,6	0,1 d	0 ... 45°	0,1 ... 0,25 d
		3 ... 12	2 ... 3	2,4	0,1 d	30 ... 45°	0,1 ... 0,25 d

## Temizleme

Kaynak anında ilâve metal da, ana metal gibi temiz olacaktır, ilâve metal olarak kullanılan tellerin hacme göre yüzey alanları büyük olduğundan bunların hafifçe bulaşmış olmaları halinde, kaynak ağır şekilde bulaşmış olabilir. Bazı süreçler, ilâve telin, kullanılmadan hemen önce temizlenmesini zorunlu kılar.

İyi bir kaynak elde etmek için işparçalarının birleştirme yerleriyle bunların her iki yanının en az 25 mm si büyük özen ve dikkatle temizlenmiş olacaktır. Temizleme süreci, birleştirme alanındaki oksit tabakasının hafif veya kalın olmasına bağlıdır.

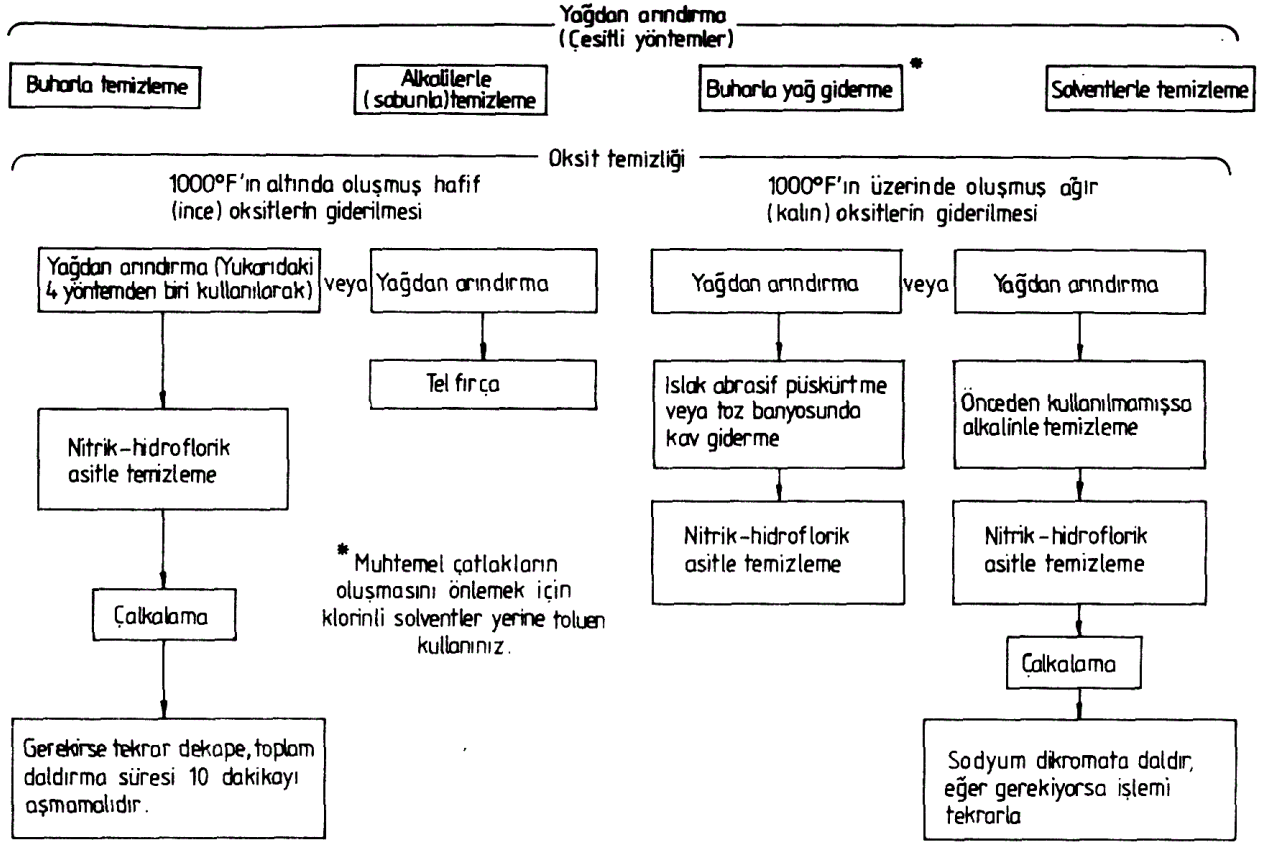
Şekillendirme ve talaşlı işleme sırasında birikmiş gres ve yağlar, kaynaktan önce temizlenecektir. Tufalsız metalda sadece yağ-gresten arındırmayla yetinilebilir. Bir oksit tufalıyla kaplı metal, tufalın temizlenmesinden önce yağdan arındırılır. Bu arındırma buhar temizlemesi, alkali temizlemesi, solvent temizlemesiyle yapılabilir.

Solvent buharı temizlemesinde klorürlü solventler yerine tolüen kullanılacaktır, şöyle ki klorürlü artıklar (keza silikatlı artıklar da), titanium kaynaklı konstrüksiyonların çatlamasına yol açabilirler.

Solvent temizlemesi, özellikle buhar arındırıcıların veya alkalın temizleme için yıkama hücrelerinin içine sokulamayan büyük parçalarda sık kullanılır. Kullanılan solventler methyl ethyl keton, tolüen, aseton ve sair klorürsüz solventlerdir. Methyl alkolün gerilme korozyonuna neden olduğu kaydedildiğinden havacılık uzay komponentlerinde bu solventin kullanımı yasaklanmıştır. Birleştirme alanı kaynaktan hemen önce solventli temiz bir bezle elle silinir. Plastik eldivenler giyilecektir; kauçuk eldivenler, kaynak metalinde gözeneklere neden olabilen izler bırakma eğilimindedir. Keza el izleri de bir bulaşma menbaı olurlar.

Hafifçe oksitlenmiş birleştirme alanı yağdan arındırıldıktan sonra, kısa süreli bir dekapaja tâbi tutulur. Ağırlık olarak % 4 hidroflüorik asit ve %40 nitrik asit karışımı bunun için tipik bir dekapaj eriyikidir. Hidrojenin bilinen zararları nedeniyle dekapajın dikkatle yürütülmesi gerekir. Sınaî uygulamada nitrik asit ağırlık olarak % 30 veya daha fazladır. % 30'da HNO<sub>3</sub>'ün HF'ye oranı, bir emniyet faktörü olarak kesinlikle 15'e 1 olur. Nitrik asit içeriğinin % 30'un altına inip HNO<sub>3</sub>'ün HF'ye oranı 10'a bir'den aşağı olursa, aşırı hidrojen kapma mümkün olur.

Hafifçe oksitlenmiş birleştirme alanları, bir paslanmaz çelik tel fırça veya mekanik eğeleme ile de temizlenebilir. Ancak, böyle temizleme yöntemlerinin kullanılması halinde, kaynağın korozyon mukavemetinin önemli olduğu durumlarda bunları hemen asit dekapajının takibetmesi gereklidir. Bulaşma tehlikesi nedeniyle çelik yünü veya abrasifler hiçbir zaman kullanılmayacaktır.



Şekil: 275 — Ti alaşımlarının temizlenmesi için süreçler akı; tablosu.

Titaniumun 537°C'in üstünde sıcaklıklara maruz kalmış olması halinde oluşan oksit tufalı (kabuğu), 537°C'in altında oluşan tufaldan daha kalın olur. Bu her iki durumda temizlik süreçleri şekil 275'de gösterilmiştir.

Gerçekten Ti işparçaları kaide olarak az veya çok kalın bir oksit tabakasıyla satışa arz edilirler. Bu tabaka, kaynaktan önce mutlaka yok edilecek olup bu hususta bir Alman uygulamasına yer verelim.

Aseton ile temizleme

Suda çalkalama

% 35 HNO<sub>3</sub> + % 5 H<sub>2</sub>F<sub>2</sub> + (gerisi) H<sub>2</sub>O içinde dekapaj

Suda çalkalama

Sıcak havayla kurutma

Önemli ölçüde bulunacak tufal, önce kum püskürtmeyle, sonra da Hooker veya Kölene banyosunda (sodyum hidroksit-kostik soda + oksitleyici maddeler) dekapajla önce muamele edilecek, sonra yukarıda gösterilen işleme tâbi tutulacaktır. Az, ılımlı bir tufal (kabuk) taşıyan metal yüzeyleri, örneğin direnç nokta kaynağı için bir paslanmaz çelik tel fırçayla temizlenebilir.

Her temizleme mutlaka kaynaktan hemen önce yapılacak, suda çalkalama ve havada kurutma ile bitirilecektir.

TiV13Cr11AJ3  $\beta$  alaşımı, dekapajdan sonra bir pasivasyon işleminden geçirilir.

### **Kaynak odalarında kaynak**

Kaynak sırasında tam koruma, Ti ve alaşımlarının başarılı ark kaynağı için zorunludur. Mükemmel kaynaklar, kaynağın koruyucu gaz atmosferi içinde uygulandığı kaynak odası (hücresinde) içinde elde edilir. Ancak bu her zaman pratik olmamaktadır. Örneğin elle kaynakta, eldiven lombozlarının yeri ve oda-hücre cidarının varlığı, görüş, hareket ve ulaşılabilirliği sınırlamaktadır. Bu keyfiyet, plastik odalarda olduğu gibi cidarın şeffaf olması halinde bile bir ölçüde doğrudur.

Büyük birleştirmelerde odada kaynak her kaynaklı parçanın işi bittikten sonra odanın boşaltılmasını gerektirir ve odanın temizlenme gazının kaybını mucip olur.

**Metalik odalarda kaynakta** kaynakçı, eldiven (el) lombozlarından üfleç ve varsa, ayrı ilâve metal çubuğunu ve işparçasını, odaya hava sokmadan ve görüş lombozlarından, idare eder.

Titaniumun bir metalik odada kaynağında, üfleçten koruma gazı genellikle gelmez.

Herne kadar metalik odalar pahalı iseler de, özellikle büyük işparçalarında havacılık-uzay uygulamalarında sık kullanılırlar (Şekil: 264).

Tasfiye edilmiş odalarda atmosfer çoğu kez, konstrüksiyonun kaynağına geçmeden önce, bir Ti talaşının kaynak edilmesiyle denenir. Üfleç tedricen ergime banyosundan geri çekilerek katılmış kaynak metalinin rengi gözlenir. Kaynak metali renkleri, artan bulaşma sırasına göre, şöyle olur: parlak gümüşî, açık saman (sarı), koyu saman, açık mavi, koyu mavi, gri mavi, gri ve beyaz seyrek toz. Bir açık saman (sarı) renk genellikle, çok kesin şartnameler dışında kabul edilebilir.

Asal atmosferi sürekli olarak denetim altında tutmak için, bir ısıtılmış tungsten filament odaya yerleştirilebilir. Filamentin herhangi bir renk atması, atmosfer saflığının azaldığını ifade eder.

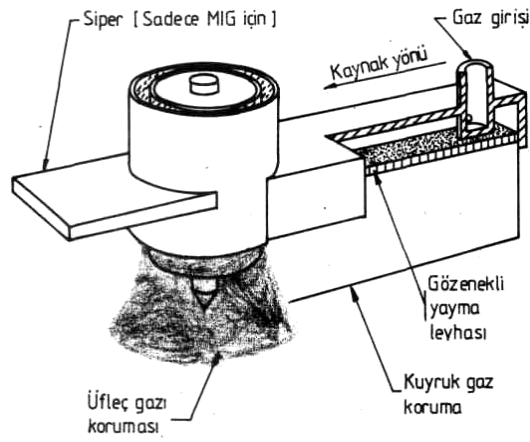
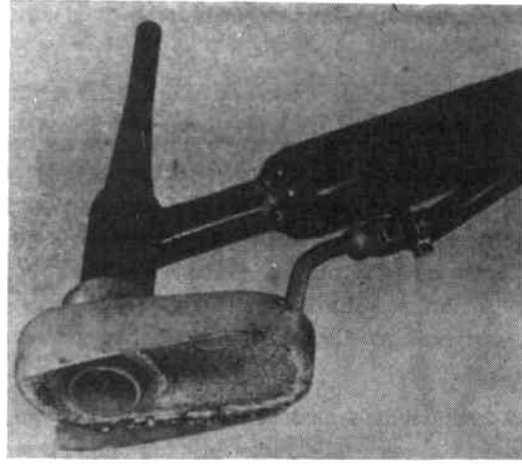
**Plastik odalarda kaynakta**, şeffaf plastikten rijit veya söndürülebilir odalar bahis konusudur. Bunlar genellikle az sayıda üretimde, konstrüksiyonun büyük ve çapraşık olması ve elle kaynağın gerektiği hallerde kullanılabilir. Rijit plastik odalar, kaynak başlamadan önce oda hacminin beş ilâ on katı hacimde argon veya heliumla tasfiye edilir. Söndürülebilir odalar önce söndürülür, sonra Ar veya He ile tasfiye edilir; bunlar rijit odalara göre daha az tasfiye gazı gerektirirler.

Rijit veya söndürülebilir olsun, plastik odaların avantajları, ucuzlukları ve işi iyi gözleme olanağını sağlamalarındadır. Ancak bunlarda gaz kaçağı daha olası olduğundan, atmosfer çok daha sık kontrol edilecektir. Ek olarak üfleçten gaz koruması da ayrıca kullanılır.

## Oda dışı kaynak

Uygun takımlarla titanium birleştirmeleri, bir oda kullanmadan da başarıyla korunabilir. Kaynak sırasında ve kaynak bölgesinde sıcaklık  $537^{\circ}\text{C}$  ( $1000^{\circ}\text{F}$ ) m altına düşene kadar kaynakla IEB, korunacaklardır. Aksi halde kaynaklar gevrek olacaklardır.

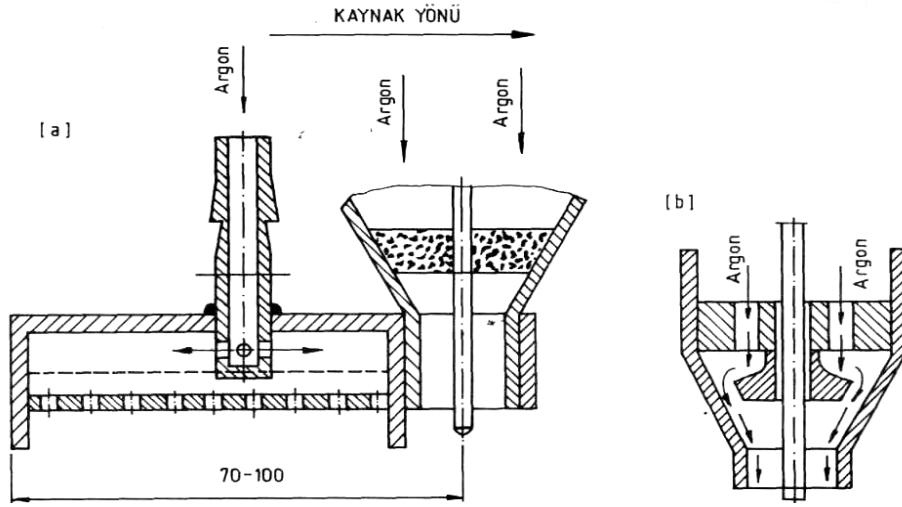
Kaynak üfleci (veya elektrod taşıyıcısı) genellikle bir yaygın, girdaplı (anforlu) olmayan bir gaz akışının katılaşmakta olan kaynağa bir sürüklenen (kuyruk) korumasını sağlayan tertiplerle donatılmıştır (Şekil 276). Kuyruk uzunluğu kaynak hızına göre ayarlanır.



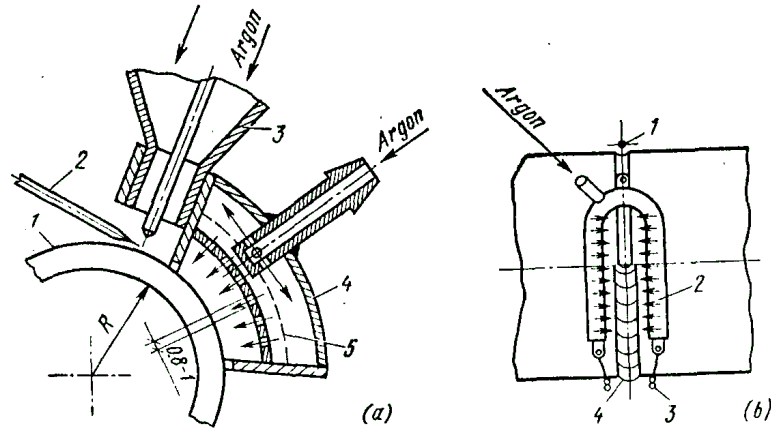
Şekil: 276 — Havada Ti alaşımlarının kaynağında koruma tertibi (kuyruk gaz duşlu TIC üfleci).

Boru birleştirmelerinde, çeşitli örtü (siper) tertipleri kullanılır. Şekil 277'de, boru kaynağında dikişin üst tarafını koruyan bir siper tertibi görülür. Kaynak birleştirmelerinin altını korumak için özel amaçlı odalar kullanılır. Arazide birleştirmeler gibi bazı uygulamalarda, siper tertipleri pratik olmaz. Bu takdirde bütün boru sisteminin bir koruma gazıyla doldurulmasını gerektirir. Sisteme sağlanacak gaz miktarı, doldurulacak hacmin yaklaşık 5 katıdır.

Şekil 278'de yine bir sürüklenen (kuyruk) koruma tertibi görülür.

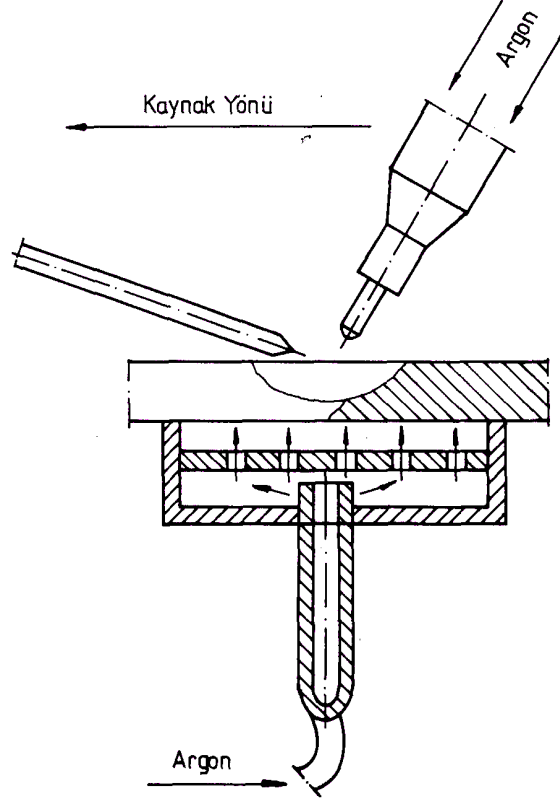


Şekil: 278 — Saç kaynağında üst tarafın korunması (a) Koruma davlumbazının uzunlamasına kesiti, (b) Üfleç için saptırıcı rondeli bağlantı. 1-Ti talaşı; 2-Üfleç bağlantısı; 3-W elektrod; 4-Gaz yayıcısı; 5-Gaz saptırıcısı; 6-Üfleç memesi.

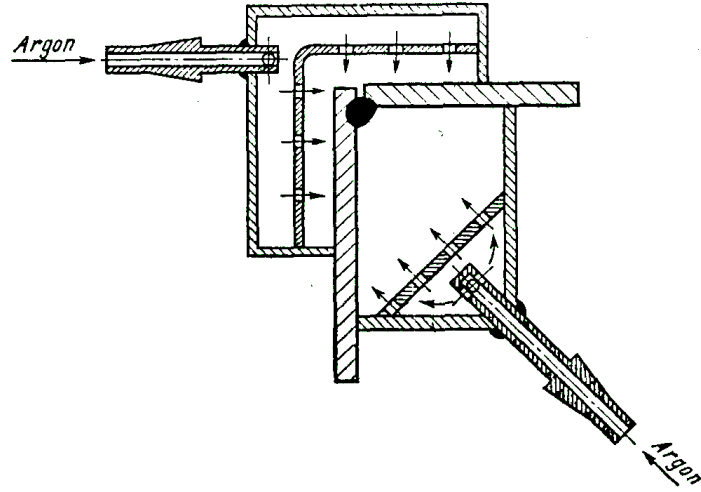


Şekil: 277 — Boru hattı (Pipeline) kaynağında, kaynağın üst tarafının korunması, (a) 1-Kaynak edilen boru; 2-İlave metal; 3-Üfleç; 4-Koruma; 5-Isgara; (b) 1-Yay; 2-Tüp; 3-Zincir; 4-Kaynak

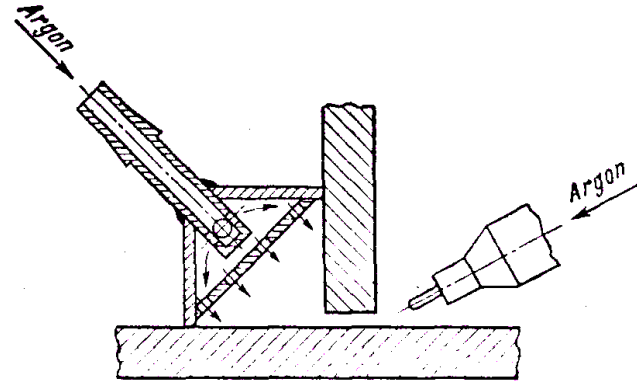




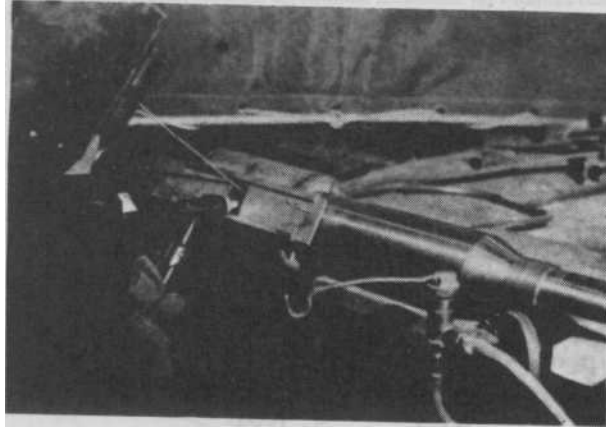
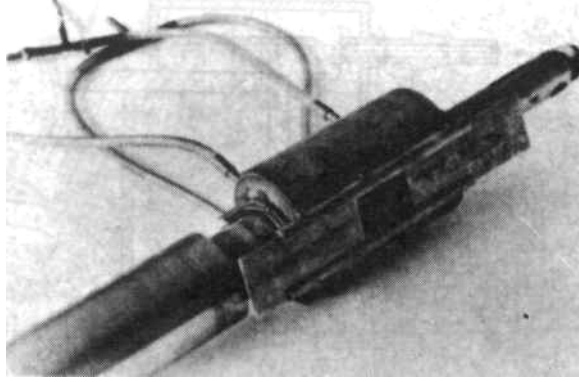
Şekil: 279 — Elle argon-ark kaynağında saçların alttan korunması.



Şekil: 280 — Köşe kaynağının koruma tertibi.



Şekil: 281 — T kaynağının koruma tertibi.



Şekil: 282 — Bir Ti  $\phi$  80 mm şaftın TIG ile dolgusunda koruma gazı tertibatı.