प्लाज्मा आर्क वेल्डिंग (Plasma arc welding)

उद्देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे

- **प्लाज्मा आर्क वेल्डिंग के प्रकार बताएं**
- **उपकरणों को बताएं**
- **अनुप्रयोगों को बताएं।**

प्लाज्मा आर्क वेल्डिंग एक वेल्डिंग प्रक्रिया है, जिसमें प्लाज्मा उत्पादन गेस (आर्गन, नाइट्रोजन, हीलियम और हाइड्रोजन) एक इलेक्ट्रिक आर्क की गर्मी से आयनित होता है और एक छोटे वेल्डिंग टार्च छिद्र से गुजरता है। एक परीरक्षण गैस प्लाज्मा आर्क को वेल्डिंग या कटिंग में वायुमण्डलीय संसर्ग से बचाता है। प्लाज्मा आर्क वेल्डिंग में एक गैर-उपयोज्य टंगस्टन इलेक्ट्रोड का उपयोग किया जाता है और एक भराव रॉड के साथ वेल्ड में अतिरिक्त धातु को जोड़ा जाता है।

प्लाज्मा आर्क वेल्डिंग पूरी तरह से प्रवेश प्राप्त करने के लिए कीहोल विधि का उपयोग करता है और इसे मैन्युअल रूप से या स्वचालित रूप से किया जा सकता है। इस प्रक्रिया में प्राप्त तापमान का काम लगभग 20,000^{0}C से 30,000^{0}C है।

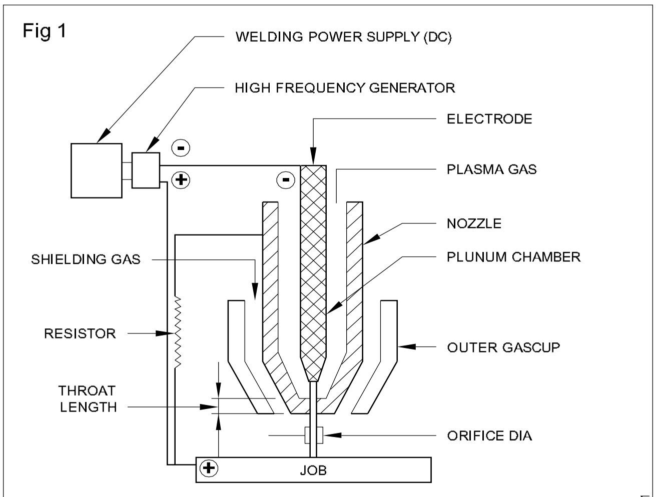
यह दो बुनियादी प्रकारों में विभाजित है, वो हैं -

1 ट्रांसफर किए गए हैं।

2 गैर-हस्तांतरित आर्क

स्थानांतरित आर्क प्रक्रिया Transferred arc process (Fig 1): इलेक्ट्रोड (-) और जॉब के टुकड़े (+) के बीच आर्क का निर्माण होता है। दूसरे शब्दों में आर्क को इलेक्ट्रोड से काम के टुकड़े में स्थानांतरित किया जाता है। एक हस्तांतरित आर्क में उच्च ऊर्जा घनत्व और प्लाज्मा जेट वेग होता है। इस कारण से यह धातुओं को काटने और पिघलने के लिए कार्यरत हैं। कार्बन स्टेनलेस स्टील और गैर- धात्विक धातुओं को भी काट सकती है। जहाँ ऑक्सीअसिटलीन टार्च सफल नहीं होती है उच्च आर्क यात्रा की गति पर वेल्डिंग के लिए स्थानांतरित आर्क का भी उपयोग किया जा सकता है।

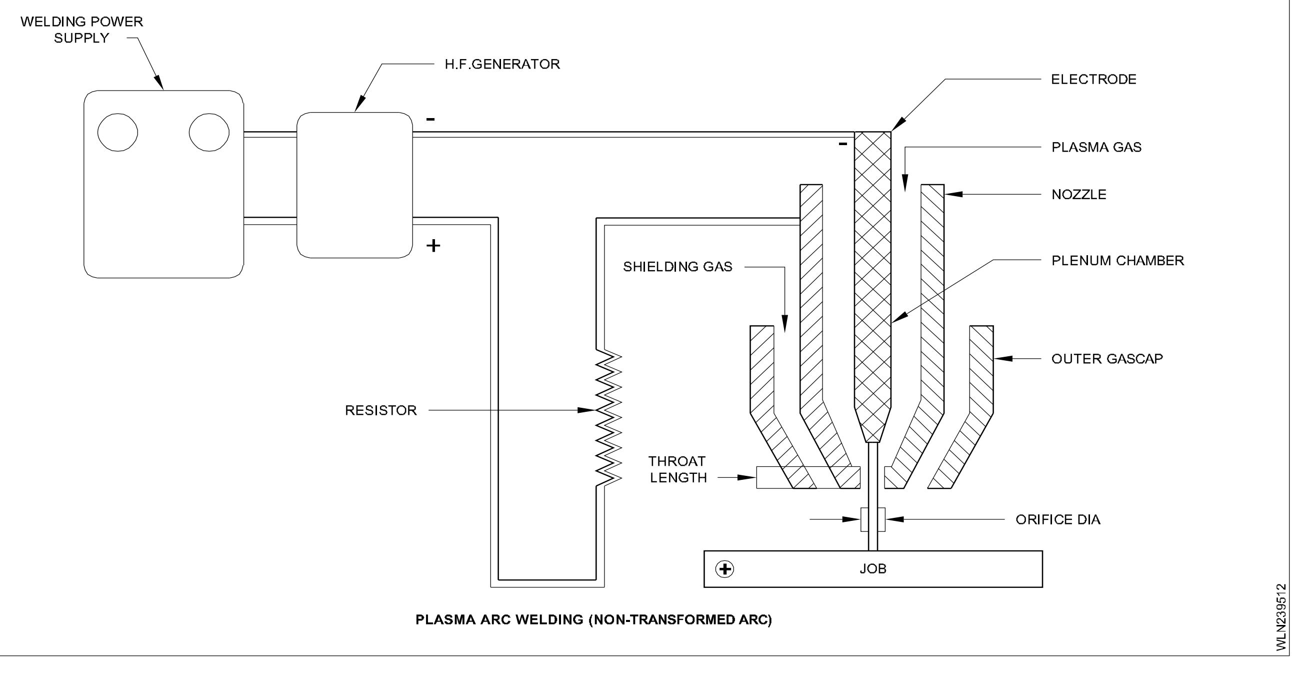
Fig 1



PLASMA ARC WELDING (TRANSFORMED ARC)

गैर स्थानांतरित आर्क प्रक्रिया (Non-transferred arc process) (Fig 2)

Fig 2



PLASMA ARC WELDING (NON-TRANSFORMED ARC)

आर्क का निर्माण इलेक्ट्रोड (-) और पानी के ठण्डा होने से नोजल (+) के बीच होता है। आर्क प्लाज्मा नोक से एक लौ के रूप में निकलता है। काम के टुकड़े से स्वतंत्र है और काम का टुकड़ा विद्युत सर्किट का हिस्सा नहीं है। एक आर्क लॉ के रूप में, इसे एक स्थान से दूसरे स्थान पर ले जाया जा सकता है और बेहतर नियंत्रित किया जा सकता है। गैर हस्तांतरित आर्क प्लाज्मा की तुलना में अपेक्षाकृत कम ऊर्जा घनत्व होता है। और यह वेल्डिंग और सिरेमिक या धातु चढ़ाना (छिड़काव) से जुड़े अनुप्रयोगों के लिए नियोजित होता है।

उपकरण (Equipments)

1 DC बिजली स्रोत

2 वेल्डिंग नियंत्रण कंसोल (प्रवाह मीटर के साथ)

3 रीसर्क्युलेटिंग वाटर कूलर

4 प्लाज्मा वेल्डिंग टार्च (500 एम्पियर क्षमता तक)

5 गैस सिलेण्डर और एक गैस की आपूर्ति

6 गैस दाब नियामक

7 गैस होसेस और होज कनेक्शन

8 वाटर कूलर बिजली केबल

प्लाज्मा वेल्डिंग के लिए गैसें (Gases for plasma welding)

- कार्बन स्टील, टाइटेनियम, जिरकोनियम आदि के लिए आर्गन।
- हाइड्रोजन वृद्धि गर्मी आर्गन + (5.15%) स्टेनलेस स्टील के लिए हाइड्रोजन, निकल मिश्र धातु, तांबा मिश्र

प्लाज्मा प्रक्रिया तकनीक (Plasma process techniques)

1 माइक्रोप्लाज्मा (Microplasma)

- बहुत कम वेल्डिंग धाराओं (0,1-15 Amps)
- बहुत स्थिर सुई की तरह कठोर आर्क और आर्क भटकना और विकृतियों को कम करता है।
- वेल्डिंग पतली सामग्री (नीचे 0B1 mm मोटी) तार जाल वर्गों के लिए

2 मध्यम करंट प्लाज्मा (Medium current plasma)

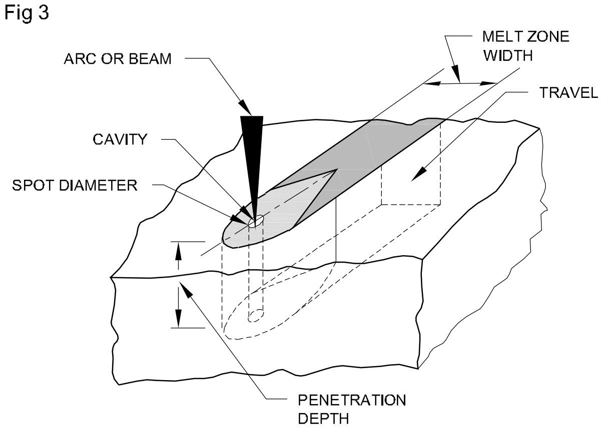
- उच्च वेल्डिंग धाराओं (15-200 Amps)
- TIG के समान लेकिन आर्क सरल और गहरी पैठ है।
- आर्क प्रवेश पर अधिक नियंत्रण।

माइक्रो प्लाज्मा और मध्यम करंट प्लाज्मा लाभ (Microplasma and medium current plasma advantages)

- ऊर्जा एकाग्रता अधिक से अधिक और उच्च वेल्डिंग गति है।
- ऊर्जा की सघनता अधिक और निम्न करंट है, जो किसी दिए गए वेल्ड और कम विकृतियों का उत्पादन करने के लिए है।
- बेहतर आर्क स्थिरता
- स्तम्भ में अधिक दिशात्मक स्थिरता होती है।
- संकीर्ण बीड और जॉब कम विकृतियाँ
- फिक्सिंग के लिए कम आवश्यकता
- टार्च स्टेन्ड आफ दूरी के चर से बीड चौड़ाई पर कम प्रभाव पड़ता है। या उष्मा एकाग्रता और स्थिति वेल्ड करने आसान बना दिया है।
- टंगस्टन इलेक्ट्रोड को पुनाः प्राप्त किया जाता है और कोई टंगस्टन संदूषण नहीं, पुनः पाइंटिंग के लिए कम समय, सतह संदूषण के लिए अधिक सहनशीलता।

माइक्रोप्लाज्मा और मध्यम वर्तमान प्लाज्मा सीमाएँ (Microplasma and medium current plasma limitations) (Fig 3)

Fig 3

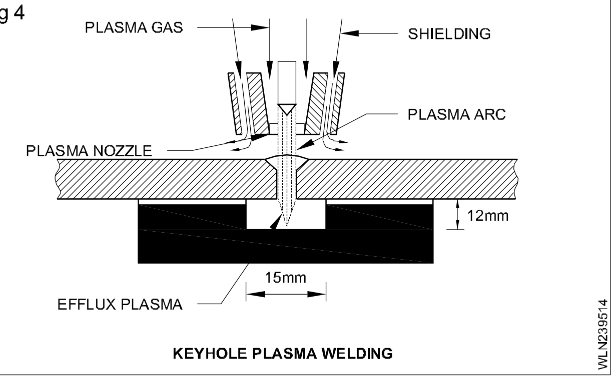


PLASMA PROCESS TECHNIQUE

- संकरी कंस्ट्रडेड आर्क और संयुक्त मिस अलाइन्मेन्ट के लिए थोड़ी सहनशीलता
- मैन्युल टार्च भारी और हेर-फेर करने के लिए मुश्किल है।
- लगातार गुणवत्ता के लिए, नोक को संकुचित करना अच्छी तरह से बनाए रखा जाना चाहिए।

3 कीहोल प्लाज्मा वेल्डिंग (Keyhole plasma welding) (Fig4)

Fig 4



KEYHOLE PLASMA WELDING

- 100 Amps पर वेल्डिंग करंट
- मोटी सामग्री वेल्डिंग के लिए (10 mm तक)

कीहोल प्लाज्मा वेल्डिंग के लाभ (Keyhole plasma welding advantage)

- प्लाज्मा धारा गैसों और अशुद्धियों को हटाने से मदद करती है।
- संकीर्ण संलयन क्षेत्र अनुप्रस्थ अवशिष्ट तनाव और विकृतियों को कम करता है।
- स्क्वायर बट जोड़ों का उपयोग आम तौर पर किया जाता है और कम समय की तैयारी ।
- एकल पास वेल्ड और कम वेल्ड समय

कीहोल प्लाज्मा वेल्डिंग सीमाएँ (Keyhole plasma welding limitations)

- अधिक प्रक्रिया चर और संकीर्ण ऑपरेटर खिड़कियाँ।
- फिट-अप महत्वपूर्ण है।
- विशेष रूप से स्थिति के लिए मोटी सामग्री 'U' उच्च सटीकता पर ऑपरेटर कौशल में वृद्धि हुई है।
- एल्यूमिनियम मिश्र धातुओं को छोड़कर, कीहोल वेल्डिंग डाउनहैड स्थिति तक सीमित है।
- लगातारसंचालन के लिए प्लाज्मा टार्च को अच्छी तरह से बनाए रखा जाना चाहिए।

प्लाज्मा प्रक्रिया का अनुप्रयोग (Application of the plasma process)

धारा बोर व्यास और गैस प्रवाह दर को अलग करके तीन ऑपरेटिंग मोड़ संभव हैं

- **माइक्रो प्लाज्मा (Micro plasma)** : 0.05 से 15 Amps का उपयोग पतली शीट को 0.1 मिमी तक डाउन करने के लिए किया जाता है जैसे SS बेलोज और तार की जाली, सर्जिकल उपकरणों की वेल्डिंग, गैस स्वाइन इंजन ब्लेड की मरम्मत, इलेक्ट्रॉनिक घटक और माइक्रोस्विच आदि।
- **माध्यम करंट (Medium current)** : सतह संदूषण के लिए बेहतर पैठ और अधिक सहिष्णुता के लिए पारंपरिक TIG के विकल्प के रूप में 15 से 200 एम्पियर, टार्च के भारीपन के कारण आमतौर पर यंत्रीकृत।
- **कीहोल प्लाज्मा (Keyhole plasma)**: 100 से अधिक एम्पियर करंट और प्लाज्मा गैस के प्रवाह को बढ़ाकर एक बहुत शक्तिशाली बीम संभव है, जो 10% स्टेनलेस स्टील में पूर्ण प्रवेश प्राप्त कर सकता है। वेल्डिंग के दौरान छेद धातु के माध्यम से धातु के माध्यम से उत्तरोत्तर कट जाता है और वेल्ड बीड बनाने के लिए पीछे बहता है।

प्लाज्मा आर्क वेल्डिंग की सीमाएँ (Limitations of plasma arc welding)

1 GTAW की तुलना में PAW को अपेक्षाकृत महंगे और जटिल उपकरण की आवश्यकता होती है, उचित टार्च रख-रखाव महत्वपूर्ण है।

2 वेल्डिंग प्रक्रियाएँ फिट-अप आदि में भिन्नता के लिए अधिक जटिल और कम सहिष्णु होती है।

प्लाज्मा आर्क के प्रकार, फायदें और अनुप्रयोगों (Types of plasma arc, advantages and applications)

उद्‌देश्य : इस पाठ के अन्त में आप निम्नलिखित कार्य करने योग्य होंगे
- **प्लाज्मा आर्क कटिंग के सिद्धांत को बताएं**
- **प्लाज्मा कटिंग की प्रक्रिया चर की व्याख्या करें**
- **प्लाज्मा कटिंग के फायदे बताएं।**

कटिंग प्रोसेस प्लाज्मा आर्क कटिंग (Cutting processes - plasma arc cutting)

प्लाज्मा आर्क काटने की प्रक्रिया 1950 के मध्य में उद्योग में पेश की गई थी। इस प्रक्रिया का उपयोग सभी धातुओं और गैर-धातुओं को काटने के लिए किया जाता है। सामान्य ऑक्सी-ईंधन काटने की प्रक्रिया (एक रसायनिक प्रक्रिया पर आधारित) केवल कार्बन स्टील और कम मिश्र धातु इस्पात काटने के लिए उपयुक्त है। ताजे, एल्यूमिनियम और स्टेनलेस स्टील जैसी सामग्रियों को पहले आरी, ड्रिलिंग या कभी-कभी बिजली की लौ काटने से अलग किया गया था। इन सामग्रियों को अब प्लाज्मा टार्च का उपयोग करके, तेज दरों पर और अधिक आर्थिक रूप से काटा जाता है। प्लाज्मा कटिंग प्रक्रिया मूल रूप से एक थर्मल कटिंग प्रक्रिया है, जो किसी भी रसायनिक प्रतिक्रिया से मुक्त है, जिसका अर्थ है ऑक्सीजन के बिना। प्लाज्मा आर्क में एक अत्यंत उच्च तापमान और उच्च वेग के लिए कटे आर्क का उपयोग किया जाता है।

संचालन का सिद्धांत (Principle of operation)

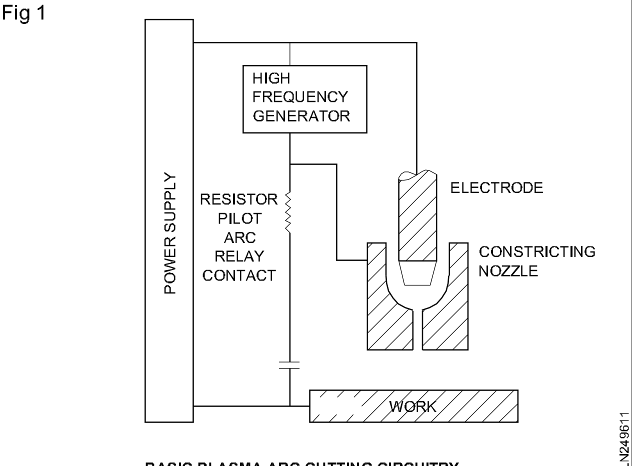
प्लाज्मा आर्क कटिंग एक विद्युत आर्क की अत्यधिक गर्मी के साथ गैस (आर्गन, नाइट्रोजन, हीलियम, हवा, हाइड्रोजन या उनके मिश्रण) के परिणामस्वरूप होती है। आर्क के साथ आयनीकृत गेस को बहुत छोटे नोज़ल छिद्र के माध्यम से मजबूर किया जाता है। जिसके परिणामस्वरूप उच्च वेग (600m/s तक की गति) और उच्च तापमान (20000^{0}K तक) की एक प्लाज्मा स्ट्रीम और इलेक्ट्रिक आर्क वर्कपीस पर हमला करते हैं और प्लाज्मा में आयनों को गैस परमाणुओं में पुनः मिलाते हैं और बड़ी मात्रा में अत्यंत गर्मी से मुक्त करते हैं। सामग्री के हिस्सों को वाष्पीकृत करता है और शेष राशि पिघला हुआ धातु के रूप में गर्मी (Fig 1) के माध्यम से नष्ट हो जाती है।

प्लाज्मा कटिंग सिस्टम (Plasma cutting system) (Fig 2,3,4)

प्लाज्मा कटिंग के लिए एक कटिंग टार्च, एक नियंत्रण इकाई, एक बिजली की आपूर्ति, एक या एक से अधिक गैसों को काटने और स्वच्छ शीतल जल की आपूर्ति की आवश्यकता होती है। (यदि मामले में पानी ठण्डी टार्च का उपयोग किया जाता है)।

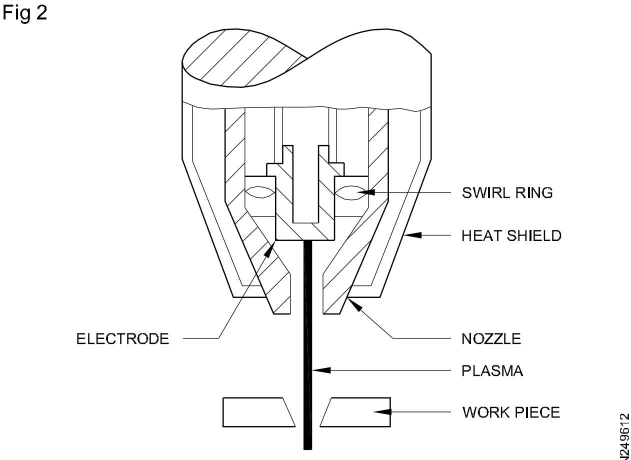
उपकरण मैन्युअल और मैकेनिकल कटिंग दोनों के लिए उपलब्ध है। एक मूल प्लाज्मा आर्क कटिंग सर्किट (Fig 1) में दिखाया गया है। यह प्रत्यक्ष करंट सीधे ध्रुवीयता (DCEN) को नियोजित करता है। इलेक्ट्रोड के आस-पास का नोजल करंट सीमित रेसिस्टर और एक पायलट आर्क रिले संपर्क के माध्यम से वर्कपीस (पॉजिटिव) से जुड़ा होता है।

Fig 1



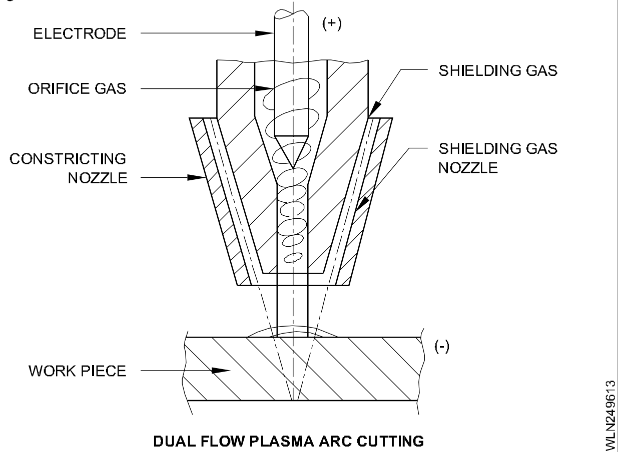
BASIC PLASMA ARC CUTTING CIRCUITRY

Fig 2



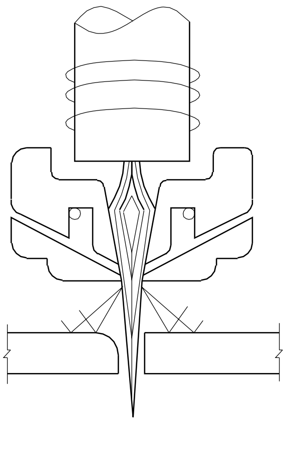
COMPONENTS OF AN AIR-PAC TORCH

Fig 3



DUAL FLOW PLASMA ARC CUTTING

Fig 4



इलेक्ट्रोड और नोजल के बीच पायलट आर्क को इलेक्ट्रोड और नोजल के बीच जुड़े एक उच्च आवृत्ति जनरेटर द्वारा शुरू किया जाता है। पायलट आर्क द्वारा आयनित गैस ऑक्सीफाइड को कॉन्स्ट्रेक्टिंग नोजल ऑर्फिस के माध्यम से उड़ाया जाता है और चालू/बंद स्विच बंद होने पर इलेक्ट्रोड और वर्कपीस के बीच मुख्य स्थानांतरित आर्क को प्रज्वलित करने के लिए एक कम प्रतिरोध पथ बनाता है। पायलट आर्क रिले स्वचालित रूप से खोला जा सकता है। जब मुख्य आर्क प्रज्वलित होता है, जिससे नोकदार नलिका के अनावश्यक ताप से बचा जा सके। संकुचित नोजल तांबे का है और सामान्य रूप से उच्च प्लाज्मा लौ तापमान (लगभग $20,000^0$K) का सामना करने और लम्बे जीवन के लिए ठण्डा होने वाला पानी है।

ऊपर चर्चा की गई पारंपरिक गैस प्लाज्मा कटिंग में, कटिंग गैस आर्गन, नाइट्रोजन, (आर्गन + हाइड्रोजन) या संपीड़ित हवा हो सकती है। संपीड़ित हवा के अलावा सभी काटने वाली गैसों के लिए गैर उपयोज्य इलेक्ट्रोड सामग्री, 2% टंगस्टन है जहाँ सूखी, स्वच्छ संपीड़ित हवा का उपयोग कटिंग गैस, हेफनियम या जिरकोनियम के इलेक्ट्रोड के रूप किया जाता है इस्तेमाल किया जाता है। क्योंकि टंगस्टन तेजी से हवा में नष्ट हो जाता है। गीली और गंदी संपीड़ित हवा उपभोज्य भागों के उपयोगी जीवन को कम करती है और खराब गुणवत्ता पैदा करती है।

विशेष अनुप्रयोगों के लिए कटौती की गुणवत्ता में सुधार करने के लिए कई प्रक्रिया विविधताओं का उपयोग किया जाता है। गैस या पानी के रूप में सहायक परीक्षण का उपयोग कट की गुणवत्ता में सुधार और नोजल जीवन को बेहतर बनाने के लिए किया जाता है। पानी इंजेक्शन प्लाज्मा कटिंग (Fig 4) प्लाज्मा लौ को आगे बढ़ाने और नोजल जीवन को बढ़ाने के लिए कसना नोजल छिद्र के पास एक सममित विद्युत जेट का उपयोग करता है। पानी के इंजेक्शन प्लाज्मा कटिंग में कम या बिना किसी कठोर के साथ तेज और स्पष्ट किनारों के साथ अच्छी गुणवत्ता में कटौती संभव है।

Process variables (Fig 5 & 6)

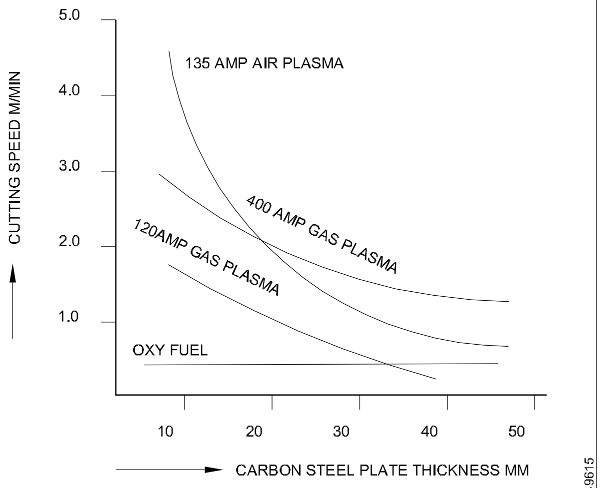
i टार्च डिजाइन नोकदार आकृति और आकार को सीमित करता है।

ii प्रक्रिया भिन्नता-दोहरी गैस प्रवाह, जल इंजेक्शन वायु प्लाज्मा।

iii कर्तन गैस का प्रकार और इसकी प्रवाह दर।

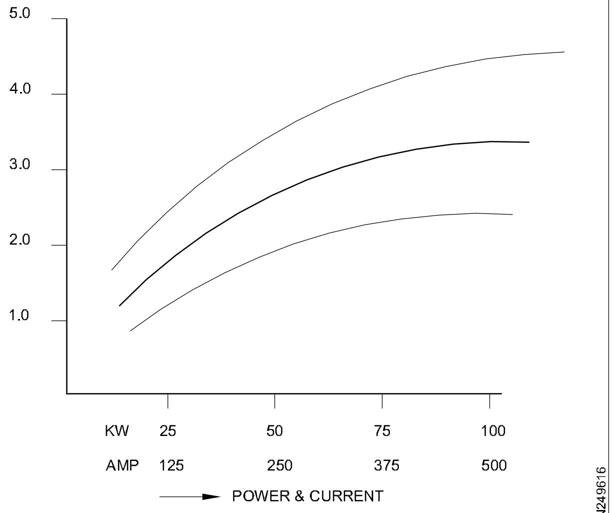
iv नोक और जॉब के बीच की दूरी।

Fig 5



COMPARISON OF OXY FUEL AND PLASMA CUTTING PROCESSES

Fig 6



RELATIONSHIP BETWEEN CUTTING SPEED & POWER

v काटने की गति।

vi प्लाज्मा कटिंग करंट।

vii काटने के दौरान इस्तेमाल की जाने वाली बिजली।

viii मैन्युअल/मशीन कटिंग।

ix काटने की सामग्री और उसकी मोटाई।

x कट की गुणवत्ता किसी न किसी या चिकनी की आवश्यकता है।

xi बेवल कोण और गोल बंद कोने आदि।

प्लाज्मा कटिंग के फायदे (Advantages of plasma cutting)

i उच्च तापमान और उच्च वेग वाले प्लाज्मा फ्लेम के कारण सभी धातुओं और गैर-धातुओं को काटा जा सकता है।

ii कट्स बहुत ही स्पष्ट रूप के होते हैं, जिनमें बहुत कम या कोई सफल नहीं होता है।

iii उच्च गति भेदी हासिल की है।

iv विभिन्न सामग्रियों के साथ भी ढ़ेर प्लेटों को काटना संभव है।

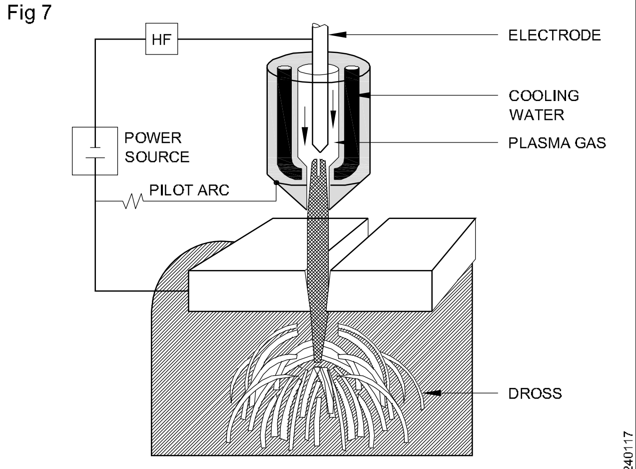
v बाकी प्रक्रियों कि तुलना में कर्तन लागत बहुत कम, विशेषकर स्टेनसल्स स्टील के लिए।

vi कटिंग की गति अधिक है।

vii सभी स्थितियों और स्थानों में कर्तन कर सकते है (पानी के नीचे भी)

प्लाज्मा कटिंग के लिए गैसें (Gases for plasma cutting) (Fig7)

Fig 7



GASES FOR PLASMA CUTTING

- कोई ऑक्सीकरण को बढ़ावा देने की जरूरत है और कोई पहले से गरम नहीं है।
- पिघलने और उड़ाने और/या वाष्पीकरण द्वारा काम करता है।
- गैसों : वायु (हवा), आर्गन, N_2, O_2, मिक्स ऑफ आर्गन $+H_2$, $N_2 + H_2$
- एयर प्लाज्मा ऑक्सीकरण और बढ़ी हुई गति को बढ़ावा देता है लेकिन विशेष इलेक्ट्रोड की आवश्यकता होती है।
- परिक्षण गैस-वैकल्पिक
- अनुप्रयोगों : स्टेनलेस स्टील्स, एल्यूमिनियम और पतली शीट कार्बन स्टील।