

بِنَامِ خَدَاوَنَد
جَانِ وَ خَرَدِ

بررسی انتخاب فرآیند جهت جوشکاری

فولادهای پر استحکام کم آلیاژی

مقدمه

کشف و تولید فولادهای پر استحکام کم آلیاژی (HSLA) به سالهای ۱۹۳۹-۱۹۶۰ باز میگردد. این فولادها با اضافه نمودن عناصری مانند W, Ta, Nb, Ti, V, Al و غیره به یک فولاد کربنی - منگنزی تولید می شوند که مقدار کل عناصر معمولاً کمتر از ۰.۲۵٪ است. این فولادها ممکن است ۰.۵٪ ویا مقادیر کمی Ni یا Cr نیز داشته باشند.

این فولادها کاربرد وسیعی در سکوهای نفتی، مخازن، خطوط لوله، ساختمانها، پلها و تجهیزات و دستگاههای ساخت دارند. لذا نیاز به فرآیندهای جوشکاری خاص، دارای اهمیت ویژه می باشند.

از آنجاییکه نوع فرآیند جوشکاری بر خواص مکانیکی مناطق جوش و HAZ اثر گذار است بنابر این انتخاب نوع فرآیند با توجه به ویژگی های هر کدام از فرآیندهای جوشکاری اهمیت بسیاری دارد که در این مقاله به کاربرد هر فرآیند جوشکاری و مزایا و محدودیتهای آن پرداخته شده است.

تقسیم بندی فولادهای HSLA

انستیتو بین المللی جوشکاری (IIW) فولادهای میکرو آلیاژی یا HSLA را بر اساس استحکام آنها به گروههای زیر تقسیم می نماید

Class	استحکام نهایی UTS Kgf/mm ²	استحکام تسلیم YP Kgf/mm ²	در صد از یاد طول
Class-۳۶	۵۵-۶۵	۳۶	۲۲
Class-۴۰	۵۵-۷۰	۴۰	۲۰
Class-۴۵	۵۸-۷۵	۴۵	۲۰

اکثر فولادهای سه گروه فوق آنالیز زیر را دارند:

کربن 0.22 %

منگنز 1-1.5 %

سیلیسیم تقریبی 0.3 %

گوگرد و فسفر هر کدام ماکزیمم 0.04 %

متداولترین عنصر میکرو آلیاژ در کلاس ۳۶ Al میباشد

در کلاسهای ۴۰ و ۴۵ عناصر Ti, V, Nb, Al یا ترکیبی از

دو یا سه تا از این عناصر فولاد ریز دانه می شود.

این گروه از فولادها استحکامی بالا همراه با چقرمگی زیادی

حتی در دمای ۵۰- درجه سانتیگراد میباشند.

تأثیر عناصر میکرو آلیاژی

A. وانادیم (V)

وانادیم باعث افزایش سختی و استحکام تسلیم در فلز جوش میشود. با استفاده از پودرهای قلیایی در SAW می توان با حضور وانادیم چقرمگی خوبی به دست آورد. حرارت ورودی کم (۳-۶ KJ/mm) با فولاد 0.093 % وانادیم ، چقرمگی شکست HAZ را بهبود میبخشد در صورتیکه با حرارت ورودی بالاتر چقرمگی شکست HAZ کاهش می یابد.

B. نیوبیم (Nb)

در جوشکاری SAW فولادهای HSLA دیده شده که این عنصر تاثیر مضر بر چقرمگی فلز جوش و HAZ دارد Nb تاثیر چندانی روی ترک برداشتن HAZ و ترک گرم فلز جوش ندارد. با مقادیر زیاد Nb (بیشتر از 0.05%) چقرمگی خوبی در جوش میتوان به دست آورد به شرط آن که ماده مصرفی (سیم جوش و پودر) ساختار فریتی را بوجود آورند در جوشهای چند پاسی با اضافه کردن Nb از طریق سیم جوش یا فلاکس چقرمگی کاهش می یابد.

تأثیر عناصر میکرو آلیاژی

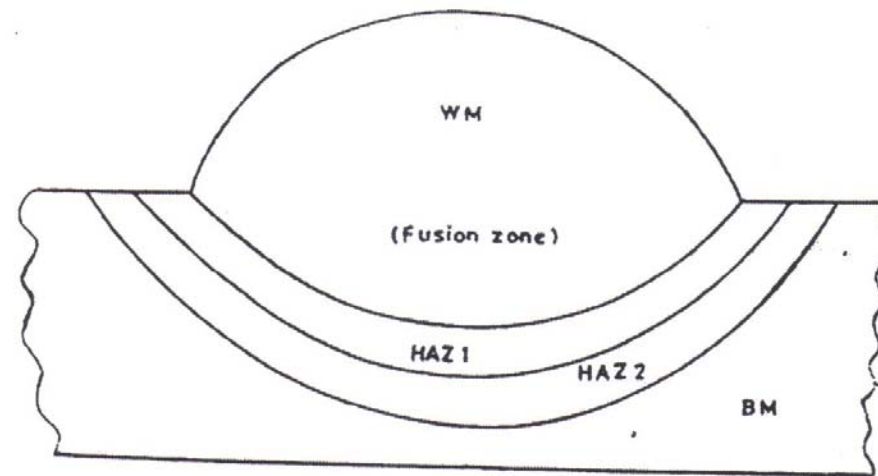
C. تیتان (Ti)

وجود این عنصر در فلز پایه باعث بهبود چقرمگی فلز جوش و HAZ می گردد. بدلیل ایجاد فریت و ریز کردن دانه ها , فولادهایی که با Ti میکرو آلیاژ شده اند بهترین چقرمگی شکست را برای تمامی حرارت های ورودی خواهند داشت.

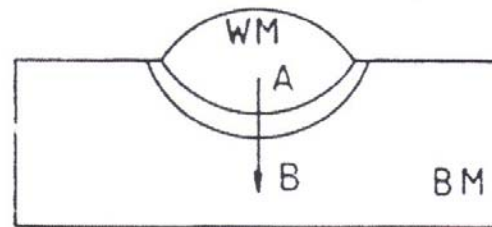
D. نیتروژن (N)

نیتروژن از فلز پایه , سیم جوش و اتمسفر محیط وارد جوش میشود . نیتروژن آزاد بر چقرمگی فلز جوش و HAZ تاثیر می گذارد. نیتروژن پس از جوشکاری آزاد است مگر وقتی که با Ti حضور داشته باشد که باعث تشکیل TiN میشود. معمولاً N آزاد دمای گذرا در HAZ و فلز جوش را به اندازه ۲-۴ درجه سانتیگراد به ازای هر 0.001% نیتروژن افزایش می دهد.

مناطق مختلف جوش روی سطح قطعه



(a)



(b)

جوشکاری فولادهای HSLA

پیش گرمایش
فرآیند جوشکاری
مواد پرکننده
عملیات حرارتی

پیش گرمایش

- ضخامت بالای ۲۵ میلیمتر باشد
اتصالاتی که شدیداً مهار شده باشند

با توجه به ضخامت و فرآیند جوشکاری دمای پیش گرما معمولاً بین ۴۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد در نظر گرفته میشود

فرآیندهای جوشکاری

۱. جوشکاری برقی دستی (SMAW)
۲. جوشکاری میگ-مگ (GMAW)
۳. جوشکاری توپودری (FCAW)
۴. جوشکاری زیر پودری (SAW)
۵. الکترواسلگ (ESW)
۶. الکترو گاز
۷. مقاومتی نقطه ای
۸. قرقره ای
۹. برجسته
۱۰. جرقه ای

فرآیند جوشکاری (SMAW)

در زیر یک دستگاه رکتیفایر جوشکاری نشان داده شده است



در زیر یک دستگاه ترانسفورماتور نشان داده شده است



فرآیند جوشکاری (GMAW)

در زیر نمونه ای از دستگاه جوشکاری MIG نشان داده شده است .



فرآیند جوشکاری (SAW)

در زیر نمونه ای از دستگاه زیرپودری نشان داده شده است .



مواد پر کننده یا سیم جوش

معمولا فولادهای HSLA را با الکترودهای کم هیدروژن جوشکاری میکنند تا نیاز به پیش گرمایش نباشد یا به حداقل برسد. به استثناء جوشکاری مقاطع ضخیم و مقاطعی که شدیداً مهار شده اند. اگر چه امکان جوشکاری با الکترودهای غیر کم هیدروژن نیز وجود دارد اما اکثر تولید کنندگان استفاده از الکترودهای کم هیدروژن را همیشه توصیه کرده اند.

عملیات حرارتی پس از جوشکاری

- فولادهای HSLA بندرت تحت عملیات حرارتی پس از جوشکاری قرار می گیرند.
- ماشینکاری بعد از جوشکاری
 - جلوگیری از ترک توام با خوردگی (در محیط های خورنده)
 - بهبود شکل پذیری و نرمی

انتخاب فرآیند جوشکاری

فرآیندهای جوشکاری با حرارت ورودی بالا

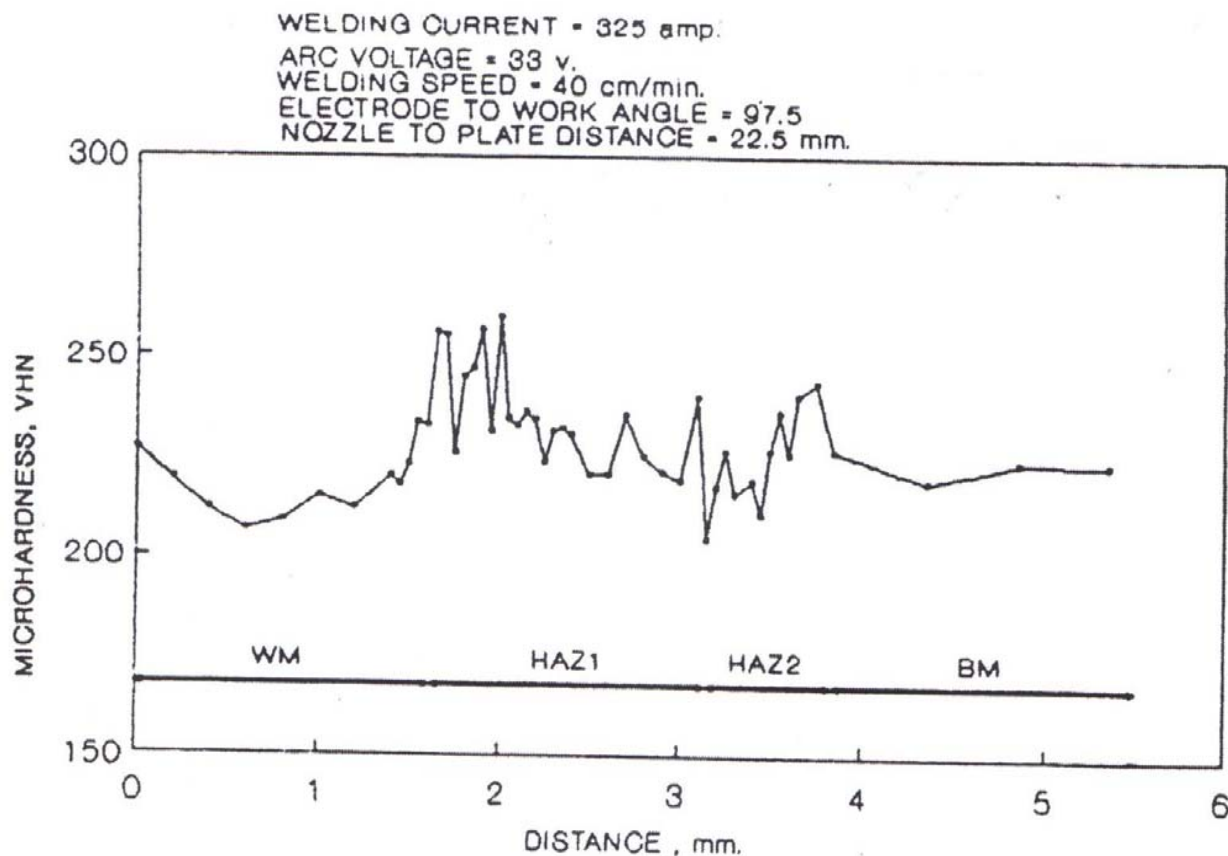


زیر پودری

الکتروگاز

الکترواسلگ

اندازه گیری سختی و پیکرز جوش و HAZ با حرارت ورودی زیاد



شکل ۳- اندازه گیری سختی و پیکرز جوش و HAZ ، با حرارت ورودی زیاد

محاسن و معایب فرآیندهای حرارت ورودی بالا

- چقرمگی پایین جوش و HAZ
- بصورت دستی به کار نمی‌رود و حمل و نقل مشکل
- رویت محل جوش برای جوشکار غیر ممکن است
- محدودیت وضعیت جوشکاری (بخاطر حوضچه مذاب بزرگ)
- محدودیت ضخامت دارد (در ضخامت کم نمی‌توان استفاده کرد)
- در اتصالات پیچیده استفاده نمی‌شود
- سرعت جوشکاری و نرخ رسوب بالا از محاسن بارز این نوع فرآیندها است

فرآیند جوشکاری لیزر و پرتو الکترونی

بهره‌وری بالا دارد ولی هزینه بالا ، اپراتور ماهر جهت نگهداری ، مشکلات عملیاتی مانند ایمنی و جوشکاری در خلا باعث محدودیت کاربرد آن میشود .



معایب و محاسن فرآیند جوشکاری میگ _ مگ (GMAW)



۱. محدودیت وضعیت ندارد

۲. حرارت ورودی کم

۳. رویت اتصال آسان

تخلخل (مک) , پاشش زیاد

برای جوشکاری ورقهای نازک با سیم جوش قطر کم
اقتصادی می باشد

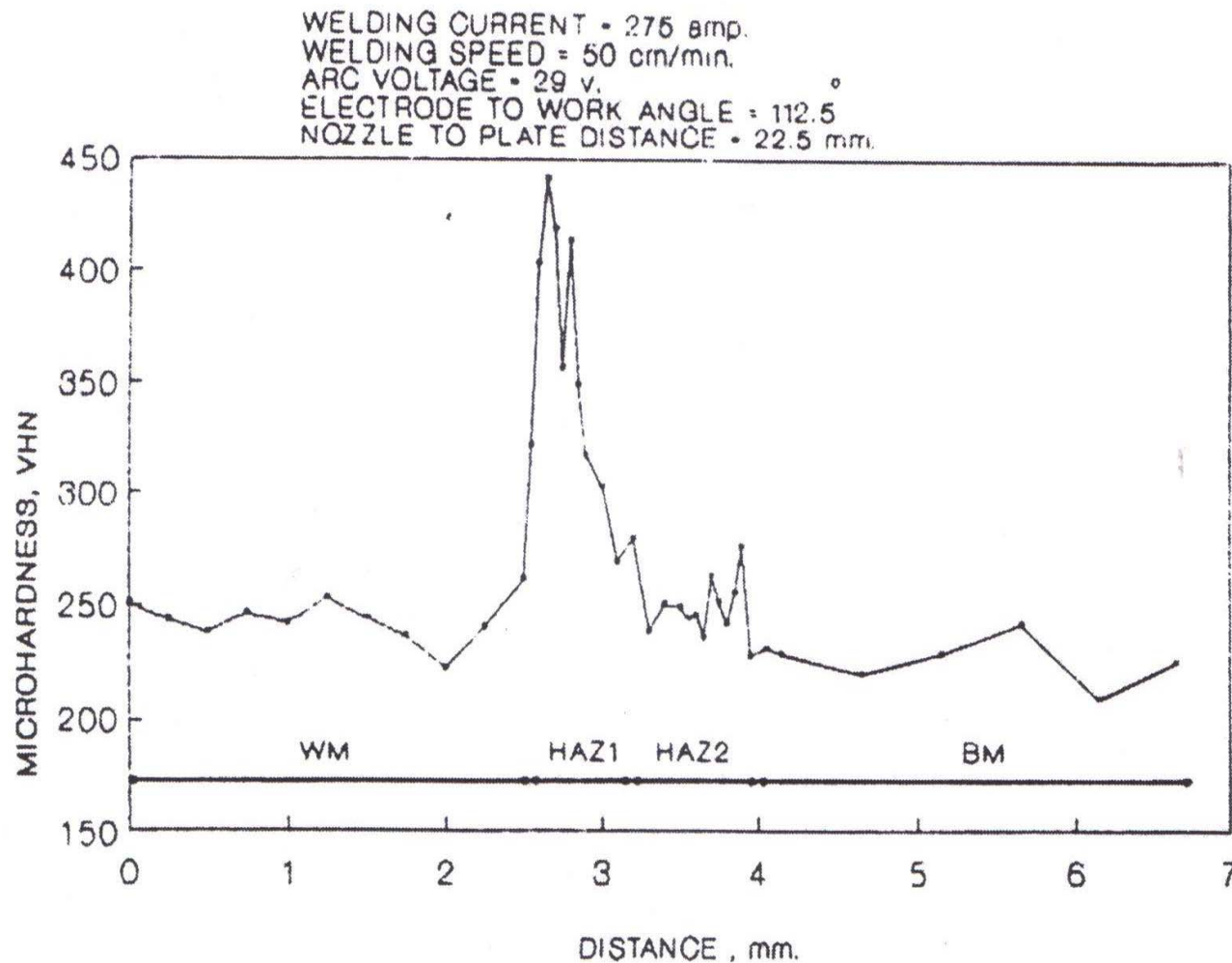
محاسن و معایب فرآیند جوشکاری الکتروود دستی

ارزان و انعطاف پذیر و قابل حمل و نقل



۱. نرخ رسوب کم
۲. پاشش زیاد
۳. هدر رفتن انتهای الکتروود
۴. اتوماتیک نبودن فرآیند

اندازه گیری سختی و یکرز جوش و HAZ با حرارت ورودی کم



فرآیند جوشکاری توپودری (FCAW)

این فرآیند ترکیبی از جوشکاری برق و (GMAW) میباشد که مزایای بسیاری دارد

- نفوذ بهتر در جوشکاری قطعات ضخیم
- حفاظت بهتر خصوصا در حفاظت دوگانه گاز و سرباره
- عدم ایجاد عیوب ذوبی نسبت به (GMAW)
- کیفیت بالا
- هزینه پایین
- نرخ رسوب بالا
- خواص ضربه ای بهتر



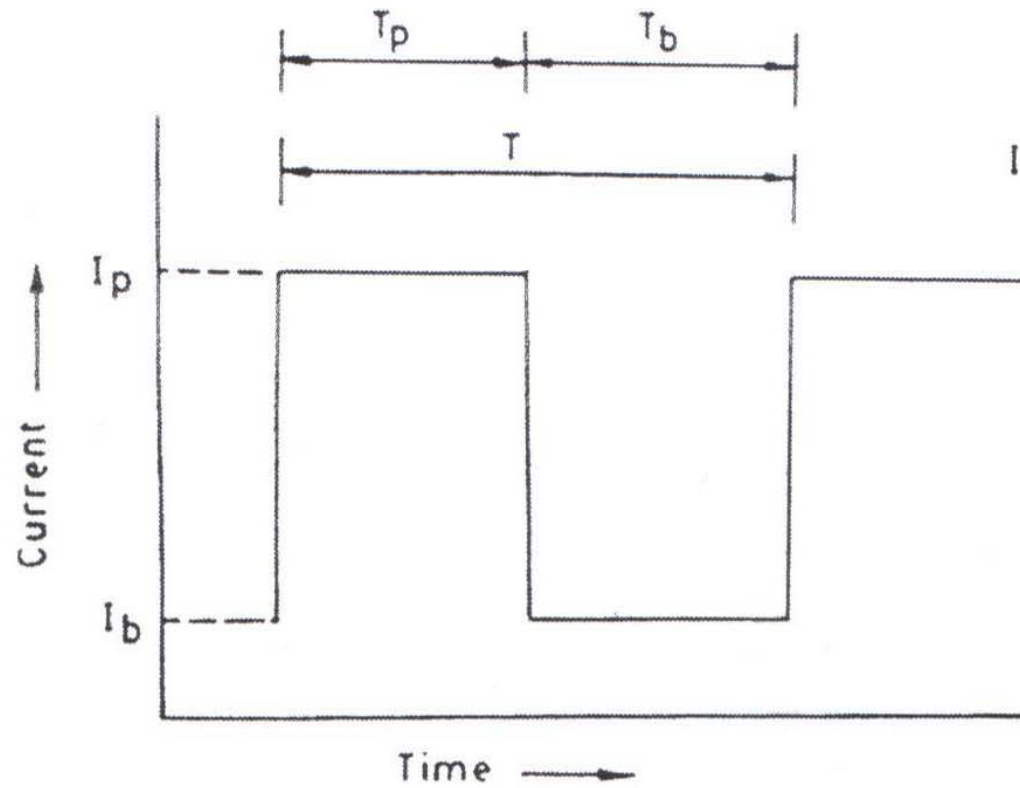
استفاده از جریان پالسی در جوشکاریهای (GMAW)&(FCAW)

با انواع روشهای انتقال قطره می توان خواص مطلوبی بدست آورد به عنوان مثال جوشکاری پالسی میتواند , انتقال اسپری را در آمپرهای کمتر داشته باشیم.

مزایای جوش پالسی

۱. حرارت ورودی کم و حوضچه جوش کوچک
۲. جوشکاری ورقهای نازک
۳. جوشکاری وضعیتهای غیر تخت
۴. جوشکاری بهتر مواد حساس به حرارت

نمودار جوش پالسی (ضربانی)



$$I_m = \frac{I_p \cdot T_p + I_b \cdot T_b}{T}$$

Kurzlichtbogen

Draht: SG 2 1,2 mm
Gas: 82% Ar + 18% CO₂

-0:02:51



نتیجه گیری

با توجه به مطالب ذکر شده در این مقاله جنبه های زیر را باید در انتخاب فرآیند در نظر گرفت. و بعد از بررسی موارد زیر بهترین فرآیند را مورد استفاده قرار داد.

ضخامت قطعه

خواص جوش (چقرمگی , سختی , استحکام)

وضعیت جوشکاری

انعطاف پذیری

اقتصاد جوشکاری (اتوماتیک , دستی)

خدا نگهدار