



## فولادهای استحکام بالای کوئنچ – تمپر High strength Quenched and tempered Alloy steels

### مقدمه:

فولادهای HSQT به دسته‌ای از فولادها اطلاق می‌گردد که معمولاً دارای کربن کمتر از 0.2 درصد و عناصر آلیاژی در حدود 0.85 تا 16 درصد هستند و می‌توانند در سه دسته فولادهای کربنی، کم آلیاژی و آلیاژی طبقه بندی شوند. این فولادها دارای شکل پذیری مناسب، استحکام کششی بالا و مقاومت به ضربه خوب هستند. قابلیت جوش پذیری اغلب فولادهای HSQT در حالت کوئنچ و تمپر شده مناسب بوده و بخصوص در ضخامت‌های پایین و با رعایت ملاحظات و اعمال دقت کافی حتی در حالت ناتابیده (As-Weld) هم می‌توان به ضریب اتصال (Joint Efficiency) کامل 100 درصد دست یافت.

تنش تسلیم (yield Strength) فولادهای HSQT از حدود 50 Ksi تا 180 Ksi است و خواص مکانیکی آنها به عناصر آلیاژی، عملیات حرارتی و ضخامت آنها بستگی دارد.

### طبقه‌بندی فولادهای HSQT :

در استانداردهای معتبر جهانی نظیر AISI, DIN, ASTM و غیره فولادهای HSQT به روش‌های گوناگونی طبقه‌بندی شده‌اند. در استاندارد ASTM که مورد ارجاع ما در این پیشنهاد فنی است، این فولادها بسته به نوع کاربرد و درصد عناصر آلیاژی مشخص شده‌اند. به عنوان مثال فولاد با مشخصات EN 10137- 2 Grade S690Q و Standard Work no.1.8931 که در حال حاضر شرکت فراب علاقه‌مند به استفاده از آن است در استاندارد ASTM A514 Grade Q تحت عنوان فولاد استحکام بالای کوئنچ - تمپر ساختمانی (Structural) دسته‌بندی شده است. فولاد کاملاً مشابه دیگر در همین استاندارد که جهت استفاده در دیگ‌های بخار و مخازن تحت فشار تخصیص یافته است فولاد معروف گروه ASTM A517 است. هر دو دسته فولادهای فوق صرف نظر از مورد کاربرد از گروه فولادهای کم آلیاژی هستند. درصد ترکیب شیمیایی ضخامت های 16 تا 80mm این فولادها از این قرار است.

ضخامت mm	C	P	Mn	Si	S	Cr	Mo	B	CE (LLW)
16 < t < 80	0.18	0.010	1.40	0.20	0.003	0.20	0.20	0.0010	0.50

تنش تسلیم فولادهای A514 تا ضخامت 2.5 in حداقل معادل 100/000 psi و تنش تسلیم همین فولادها در ضخامت‌های بالاتر از 2.5in حداقل 90/000 psi است. اما تنش تسلیم فولادهای گروه 517 در تمامی ضخامت‌ها حداقل 100/000 psi است. اصولاً در مقایسه دو نوع A514, A517، نوع دوم قابلیت جوش پذیری و شکل پذیری بالاتری دارد.

### جوشکاری فولادهای HSQT :

همانطور که قبلاً ذکر شد جوش پذیری فولادهای A514, A517 در حد مطلوبی قرار دارد و اگر روش جوشکاری WPS با دقت کافی و رعایت موارد مهم انجام شود می‌توان به جوشهای با کیفیت بالا دست یافت. برخی از عوامل مهم در جوشکاری این فولادها عبارتند از، حرارت داده شده (Heat Input)، پیش گرمایش، درجه حرارت بین پاسی (Inter- pass Temp) ، سرعت جوشکاری (Arc Travel Speed)، فرآیند جوشکاری و ...

به عنوان مثال اگر فرآیندهای جوشکاری با حرارت داده شده پایین نظیر SMAW یا GTAW یا FCAW انتخاب گردند، آنگاه نرخ سرد شدن ناحیه تحت تاثیر حرارت HAZ باید بدقت محاسبه گردد. چون سرعت سرد شدن بالا سبب افزایش تردی و احتمال ترکیدگی می گردد و سرعت سرد شدن آهسته خواص مکانیکی سازه جوش شده را بشدت کاهش خواهد داد.

همین موضوع عیناً در مورد عدم نیاز یا نیاز به پیش گرمایش و درجه حرارت مناسب آن و عملیات حرارتی پس گرمایش Post Weld Heat Treatment صادق است.

#### مواد مصرفی جوشکاری برای فولادهای HSQT :

انواع الکترودهای جوشکاری و یا ترکیبی از الکتروود و پودر جوشکاری (FLUX) برای فولادهای HSQT موجود است. الکترودهای پیشنهادی در فرآیند SMAW جهت جوشکاری A514 یا A517 به طور عادی از گروه AWS SFA S.S E110 18 انتخاب می-شوند، اما برای انتخاب دقیق تر باید بدقت شرایط کاربرد نظیر ضربه های قوسی، فشار و ضخامت مقطع جوش شده تعیین گردد. بعنوان یک اصل کلی در صورتی که مقدور باشد استفاده از الکترودهای با مقاومت کششی پایین تر بعلت کاهش حساسیت فولاد نسبت به ترکهای زبانه ای (Toe Cracking و Lamellar Tearing) در درزهای با ممانعت بالا (Highly Restrained) می تواند مفید واقع شود. موضوع مهم در انتخاب الکتروود درصد رطوبت در پوشش آن است و باید حتماً از سازندگان الکتروود را تهیه کرد که روش بسته بندی و حمل و نقل آنها مقدار جذب رطوبت را به حداقل می رساند. در جوشکاری این فولادها شکل درز اتصال (JOINT TYPE)، تمیز کاری درز اتصال از تمامی زنگ زدگی ها و پوسته های اکسیدی عامل های مهمی هستند. بعلاوه خشک کردن کامل سطح جوشکاری به روش های مناسب از دیگر عوامل مهمی است که مهندسين طراح جوش باید مدنظر قرار دهند.

## خلاصه و جمع بندی:

- ۱- قبل از اقدام به هر جوش تولیدی باید بدقت روش جوشکاری WPS توسط مهندسين مشاور با تجربه تهیه شود و برای هر یک از ضخامت‌ها روش‌های جوشکاری با رعایت کلیه عوامل تایید گردد (PQR).
- ۲- حرارت داده شده، دمای پیش گرمایش و درجه حرارت بین پاسی بدقت محاسبه شود.
- ۳- شدت جریان، ولتاژ و سرعت جوشکاری عوامل بسیاری مهمی در کیفیت جوش هستند.
- ۴- همواره از روش **Stringer Bead** استفاده شود و به هیچ وجه حرکت‌های جانبی الکتروود یا روش **Weave Bead** بیش از ۲ برابر قطر الکتروود مجاز نیست.
- ۵- سطوح بین پاسی به دقت تمیز شوند.
- ۶- حتی الامکان هر لایه جهت یافتن ترک‌های احتمالی آزمایش شود.
- ۷- تمیزکاری سطوح از اهمیت زیادی برخوردار است و سطح مورد جوشکاری باید به دقت چربی زدایی گردد.
- ۸- آموزش جوشکاری و کلیه دست‌اندرکاران تیم اجرایی جوشکاری لازم است و باید مطمئن شد که مجریان اهمیت کار را بدقت درک کرده‌اند.

یحیی پور

۱۳۷۳/۴/۱۱