

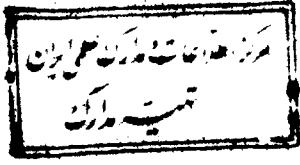
Handwritten text in a box at the top left.

Handwritten text above the main calligraphy.

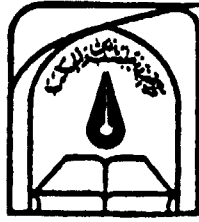
Handwritten text to the left of the main calligraphy.

Main calligraphic text in Arabic script, featuring large, bold letters and smaller annotations above and below.

۲۴۸۱۹



۱۳۷۸ / ۲ / ۲



دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی مواد

شناسایی و انتخاب مواد

بررسی خواص منطقه مجاور جوش و فلز جوش فولاد D-6A

نگارش:

علیرضا خانی

استاد راهنما:

دکتر فرشید مالک قائینی

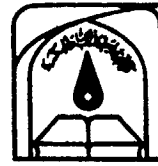
استاد مشاور:

دکتر نادر پروین

بهمن ۱۳۷۷

۲۴۵۱۹

1540/2



دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

آقای علیرضا خانی پایان نامه ۱۰ واحدی خود را با عنوان بررسی خواص منطقه مجاور جوش و فلز جوش فولاد D-6A در تاریخ ۷۷/۱۱/۱۲ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مواد با گرایش شناسایی و انتخاب مواد پیشنهاد می کنند. ۱۱ ب ۴

امضاء

نام و نام خانوادگی

اعضای هیات داوران

آقای دکتر مالک

۱- استاد راهنما:

آقای دکتر نادر پروین

۲- استاد مشاور:

آقای دکتر جهازی

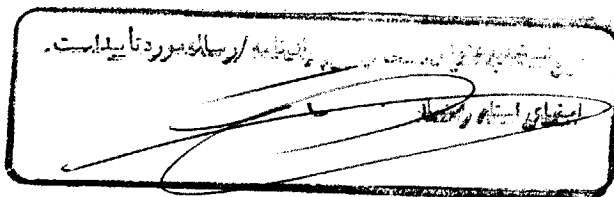
۳- استادان ممتحن:

آقای دکتر امیرحسین کوبی

آقای دکتر عبدالله زاده

۴- مدیر گروه:

(یا نماینده گروه تخصصی)





شماره:.....

تاریخ:.....

پیوست:.....

آیین‌نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)‌های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)‌های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس مبین بخشی از فعالیت‌های علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به مرکز نشر دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲ در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد / رساله دکتری نگارنده در رشته
که در سال در دانشکده دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی سرکار خانم / جناب
آقای دکتر و مشاوره سرکار خانم / جناب آقای دکتر از آن دفاع شده
است.

ماده ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه‌های نشریات دانشگاه تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به مرکز نشر دانشگاه اهدا کند دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴ در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵ دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

ماده ۶ اینجانب دانشجوی رشته مقطع تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از اساتید گرامی آقایان دکتر فرشید مالک قائینی و دکتر نادر پروین که هدایت این پایان نامه را بر عهده داشتند و آقایان دکتر جهازی و مهندس علیرضا ابراهیمی که ما را در انجام این پایان نامه یاری نمودند، صمیمانه تقدیر و تشکر می‌نمایم.

از پژوهشگاه علوم و تکنولوژی دفاعی بدلیل در اختیار قرار گذاشتن امکانات و مساعدتهای مالی، بخصوص مسئولین و محققین پژوهشکده مواد و فرایندهای ساخت آقایان دکتر احسانی، مهندس سبحانی، مهندس بیدگلی، دکتر شریعتی، مهندس عباسی، مهندس رضایی، کارکنان آزمایشگاه متالوگرافی و رول و جوش آقایان نیایش، محتشمی و محمدی تشکر می‌نمایم.

از آقایان مهندسین فیض‌بخش، ملکوتیان و جنانی به خاطر همکاری صمیمانه در جهت تهیه سیم جوش تشکر می‌نمایم.

چکیده

هدف از این تحقیق ارائه فرایند مناسب جوشکاری برای فولاد D-6A که به تازگی در داخل ایران تولید شده است می باشد. برای این منظور آزمایشات جوشکاری بر روی ورق آنیل شده D-6A که در داخل ایران تهیه شده بود انجام گردید. ورق به ضخامت های ۵ و ۸mm مورد استفاده قرار گرفت. ورقهای ۵mm با نورد ورقهای ۸mm تهیه شدند.

در این آزمایشات اثر حرارت ورودی، دمای پیش گرم، پس گرم و تنش زدایی بر سختی و ساختار فلز جوش و HAZ مورد بررسی قرار گرفت. روش جوشکاری مورد استفاده TIG می باشد. شرایط ایجاد جوش سالم مورد بررسی قرار گرفت و همچنین آزمایشات جوش پذیری CTS بر روی ورق آنیل شده فولاد D-6A مورد بررسی قرار گرفت.

اثر فرایند جوشکاری (پیش گرم، پس گرم و بدون پیش گرم - پس گرم) بر روی خواص مکانیکی فلز جوش و HAZ مورد بررسی قرار گرفت.

آزمایشات چقرمگی شکست برای اولین بار در ایران بر روی فلز جوش و HAZ فولاد D-6A پس از عملیات حرارتی و تمپر در دماهای ۲۵۰ و ۵۰۰°C انجام گردید.

اثر دمای تمپر بر روی انرژی ضربه جذب شده چارپی فلز جوش که پس از کوئنچ در دمای ۵۰۰°C تمپر شده بود انجام گردید و محدوده دمایی را که پدیده تردی مارتنزیت تمپر شده (TME) رخ می دهد شناسایی گردید.

اثر کاهش دما در مقاومت به ضربه فلز جوش (DBTT) تا دمای ۸۰°C- مورد بررسی قرار گرفت.

سطوح شکست فلز جوش و HAZ نمونه های ضربه، چقرمگی شکست، کشش، ترک سرد، DBTT و

TME مورد بررسی قرار گرفت.

کپی واژه جوشکاری فولاد دمای متحرک بسیار بالا، کم تیز، D6A، D6AC، مخازن تحت فشار.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول
۱	مقدمه
	فصل دوم
۳	مروری بر منابع
۳	۱-۲ فولادهای کم آلیاژ دارای کربن متوسط
۵	۱-۱-۲ فولاد D-6A و D-6AC
۶	۱-۱-۱-۲ عملیات حرارتی فولاد D-6A و D-6AC
۸	۲-۱-۱-۲ خواص فولاد D-6A و D-6AC
۱۲	۲-۲ متالورژی جوشکاری فولادهای کم آلیاژ با کربن متوسط
۱۴	۱-۲-۲ پیش گرم کردن
۱۸	۲-۲-۲ حرارت ورودی
۲۰	۳-۲-۲ اثر فرایند جوشکاری
۲۱	۳-۲ جوش پذیری فولادهای کم آلیاژ سختی پذیر
۲۲	۱-۳-۲ کربن معادل
۲۴	۲-۳-۲ سختی و سختی پذیری
۲۶	۴-۲ سیم جوش برای جوشکاری فولاد D-6A به روش TIG
۲۹	۵-۲ سیکل حرارتی در جوشکاری فولاد D-6AC
۳۰	۱-۵-۲ عملیات حرارتی پس از جوشکاری فولاد D-6AC
۳۱	۲-۵-۲ اثر سیکل حرارتی در جوشکاری فولاد D-6AC

۳۴	..... ۳-۵-۲ آنالیز متالوگرافیک اثر سیکل حرارتی
۳۸	..... ۶-۲ HAZ در فولادهای استحکام بسیار بالا
۳۹	..... ۱-۶-۲ ساختار میکروسکوپی HAZ فولاد D-6A و D-6AC
۴۳	..... ۲-۶-۲ خواص مکانیکی HAZ فولادهای استحکام بسیار بالا
۵۰	..... ۳-۶-۲ تأثیر حرارت ورودی بر HAZ
۵۱	..... ۴-۶-۲ اثر تعداد پاسها بر سختی HAZ و فلز جوش
۵۱	..... ۵-۶-۲ پارامترهای جوشکاری جهت بدست آوردن ساختار بهینه HAZ
۵۳	..... ۷-۲ ترک گرم در فولادهای استحکام بسیار بالا
۵۵	..... ۱-۷-۲ اثر فسفر در ترک گرم
۵۹	..... ۲-۷-۲ اثر سولفور
۶۰	..... ۳-۷-۲ اثر مجموع فسفر و سولفور
۶۱	..... ۸-۲ جوشکاری پرتو الکترونی فولاد D-6A و D-6AC

فصل سوم

۶۳	..... انجام آزمایشات
۶۳	..... ۱-۳ آماده سازی نمونه
۶۳	..... ۱-۱-۳ آنیل کردن
۶۴	..... ۲-۱-۳ برشکاری و پخ سازی
۶۴	..... ۳-۱-۳ نورد
۶۵	..... ۴-۱-۳ آنالیز شیمیایی ورق D-6A
۶۵	..... ۲-۳ سیم جوش
۶۶	..... ۳-۳ فیکسچر
۶۶	..... ۴-۳ چربی زدایی و تمیزکاری
۶۷	..... ۵-۳ تجهیزات جوشکاری

۶۷	۶-۳ خواص ورق آنیل D-6A
۶۷	۷-۳ آزمایشات جوشکاری روی بستر سطح BOP
۶۹	۸-۳ آزمایشات جوشکاری سربه سر BUTT-WELD
۷۰	۹-۳ پس گرم
۷۲	۱۰-۳ تنش زدایی
۷۲	۱۱-۳ بررسیهای غیر مخرب
۷۳	۱۲-۳ تهیه نمونه‌های استاندارد
۷۳	۱۳-۳ آزمایش متالوگرافی
۷۴	۱۴-۳ آزمایش ضربه
۷۴	۱۵-۳ آزمایش چقرمگی شکست
۷۵	۱۶-۳ آزمایش دمای انتقال از تردی به نرمی DBTT
۷۶	۱۷-۳ آزمایش سختی سنجی
۷۷	۱۸-۳ آزمایش تردی مارتنزیت تمپر شده TME
۷۷	۱۹-۳ عملیات حرارتی
۷۸	۲۰-۳ آزمایشات جوش پذیری

فصل چهارم

۸۱	نتایج
۸۱	۱-۴ نتایج متالوگرافی
۸۸	۲-۴ نتایج آزمون چقرمگی شکست
۹۴	۱-۲-۴ سطوح شکست نمونه‌های چقرمگی شکست
۱۰۲	۳-۴ نتایج ترک سرد
۱۰۴	۴-۴ نتایج آزمایش سختی سنجی
۱۱۰	۵-۴ اثر حرارت ورودی در اندازه HAZ

۱۱۱	۶-۴ نتایج آزمایش کشش
۱۱۷	۷-۴ نتایج آزمایش دمای انتقال از تردی به نرمی DBTT
۱۱۷	۸-۴ نتایج آزمایش تردی مارتنزیت تمپر شده TME
۱۲۰	۹-۴ نتایج آزمایش ضربه
۱۲۳	۱۰-۴ بررسی مقاومت به ترک سرد

فصل پنجم

۱۲۴	بحث و نتیجه گیری
۱۲۴	۱-۵ اثر سیکل حرارتی در جوشکاری فولاد D-6A
۱۲۶	۱-۱-۵ آنیل کردن
۱۲۷	۲-۱-۵ پیش گرم کردن
۱۲۷	۳-۱-۵ پس گرم کردن
۱۲۸	۴-۱-۵ تنش زدایی
۱۲۹	۲-۵ اثر عملیات حرارتی در جوش فولاد D-6A
۱۳۰	۳-۵ تأثیر فرایند جوشکاری بر خواص مکانیکی جوش
۱۳۰	۱-۳-۵ چقرمگی شکست
۱۳۳	۲-۳-۵ استحکام کششی و تسلیم
۱۳۵	۳-۳-۵ انرژی ضربه
۱۳۵	۴-۵ تغییرات انرژی ضربه با دمای تمپر
۱۳۷	۵-۵ اثر کاهش دما در انرژی ضربه جوش فولاد D-6A
۱۳۸	۶-۵ حرارت ورودی
۱۳۹	۷-۵ تأثیر پس گرم و تنش زدایی در سختی فلز جوش و HAZ
۱۴۱	۸-۵ ترک سرد

فصل هشتم

۱۴۳ نتیجه گیری

۱۴۵ پیشنهادات

۱۴۶ منابع و مراجع

فصل اول

مقدمه

فولاد D-6A یک فولاد پر استحکام کم آلیاژ با کربن متوسط است که برای کاربرد در ساختار هواپیما، موشکهای قاره پیما با سوخت جامد و مخازن تحت فشار طراحی شده است. فولاد D-6A را می توان تا استحکام تسلیم 1568 MPa (230 ksi) و بالاتر عملیات حرارتی نمود. استحکام مخصوص این فولادها در موارد بسیاری بالاتر از استحکام مخصوص آلیاژهای آلومینیم و تیتانیم است. در صنایع هوا-فضا لزوم سبکی وزن مواد مصرفی اهمیت کاربرد این فولادها را نشان می دهد.

فولاد D-6A یک فولاد بهینه شده از فولاد AISI4340 با درصد کربن، کرم و مولیبدن بالاتر و نیکل کمتر است. دارای عنصر وانادیم و تیتانیم جهت ریزکنندگی دانه می باشد. فولاد D-6A یک فولاد دانه ریز است و تا دماهای خیلی کمتر از صفر درجه سانتیگراد ترد نمی شود. سختی این فولاد بسیار بالاست و در اثر سرد شدن از دمای آستنیت در هوا در مقاطع کمتر از 25 mm به طور کامل به مارتنزیت تبدیل می شود. در صد بالای کربن این فولاد (0.45%) موجب ایجاد سختی بالا در فولاد می شود و حساسیت به ترک سرد را افزایش می دهد.

به خاطر سختی پذیری بالای فولاد D-6A، جوشکاری فولاد نیز مشکل است و این گروه فولادها نسبت به ترک سرد فوق العاده حساسند. به خاطر حساسیت بالای فولاد D-6A به ترک سرد باید تدابیر ویژه ای در حین جوشکاری اعمال نمود. از جمله این موارد استفاده از یک فرایند جوشکاری کم هیدروژن مثل جوشکاری قوس تنگستنی TIG، جوشکاری پرتو الکترونی و لیزر می باشد. به علت مقدور بودن استفاده از فرایند TIG ما از این فرایند استفاده نمودیم. از تدابیر دیگری که در حین جوشکاری فولاد D-6A باید اتخاذ نمود جوشکاری این فولاد در حالت آیل شده می باشد. جوشکاری

فولاد D-6A در شرایط عملیات حرارتی شده به جز در موارد جوشکاری ترمیمی به خاطر حساسیت به ترک سرد مشکل است. پس از جوشکاری فولاد D-6A برای رسیدن به خواص مطلوب عملیات حرارتی می‌شود، در اثر عملیات حرارتی پس از جوشکاری و خواص مکانیکی فلز پایه، فلزجوش و HAZ تقریباً یکسان می‌گردد.

فولاد D-6A مورد استفاده در ایران با فن‌آوری صنایع دفاعی ایران تولید گردیده است و تاکنون تنها آزمایشات عملیات حرارتی برای بهینه سازی خواص بر روی آن انجام گردیده است. به خاطر اینکه این فولاد در کاربردهای حساس و مهم استفاده می‌شود، لازم است که اطلاعاتی تجربی و علمی در مورد این فولاد مورد تأیید قرار گیرد

به خاطر استفاده گسترده این فولاد در صنایع هوا- فضا، مخازن تحت فشار و کاربردهای حساس و مهم لازم است که روشهای مناسب جوشکاری و عملیات حرارتی جهت بهینه سازی فرایند جوشکاری و خواص مکانیکی شناخته شود.

اهداف مورد نظر در این پژوهش به قرار زیر میباشد.

۱- شناسایی فرایندهای جوشکاری سالم و بدون عیب.

۲- تعیین خواص بهینه جوش پس از جوشکاری و عملیات حرارتی.

۳- تعیین دمای انتقال از نرمی به تردی DBTT فلز جوش فولاد D-6A.

فصل دوم

مروری بر منابع

۱-۲ فولادهای کم آلیاژ دارای کربن متوسط^(۱)

فولادهای این گروه شامل 0.25 تا 0.45% کربن و آلیاژهای دیگر شامل کرم، نیکل، مولیبدن و وانادیم است. این آلیاژها برای افزایش مقاومت به ضربه در دمای پایین و افزایش سختی پذیری در حالت عملیات حرارتی اضافه می‌شوند. [۱]

گروه فولادهای کم آلیاژ کربن متوسط دارای استحکام بسیار بالا شامل AISI/SAE 4130 و استحکام بالاتر 4140 و سختی پذیری بالاتر 4340 هستند. چند نوع فولاد بهینه شده از فولاد 4340 تهیه شده است. یکی از این فولادها 300M است، که دارای سیلیس بالاتر از 4340 است و از تردی فولاد در دماهای تمپر پایین وقتی می‌خواهند استحکام بالایی بدست بیاورند جلوگیری می‌کند. فولاد AMS6434 دارای وانادیم است که موجب ریزی دانه‌ها جهت افزایش چقرمگی فولاد می‌شود و دارای کربن کمتری جهت افزایش جوش پذیری^(۲) می‌باشد. فولاد Ladish D-6A دارای وانادیم که ریزکننده دانه است و کمی کربن، کرم، مولیبدن بالاتر از 4340 می‌باشد و دارای نیکل کمتری از 4340 می‌باشد. [۲]

ترکیب شیمیایی این فولادها در جدول (۱-۲) داده شده است. در سالهای اخیر فولاد جدیدی به این گروه اضافه نشده است. بیشتر تحقیقات در جهت افزایش نرمی و چقرمگی با بهینه کردن فرآیند ذوب و کنترل بهتر انجام شده است. همچنین تحقیقاتی در جهت افزایش چقرمگی شکست و خواص مکانیکی در دمای پایین انجام شده است. [۵و۴]