

جهت خرید فایل word به سایت www.kandooon.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۰۵۱۱ تماس حاصل نمایید

عنوان تمقیق :

تخمین تنش پسماند با استفاده از روش های غیر مخرب و
ارتباط آن با پروسه های تولید در انواع مختلف جوشکاری

مقدمه

طی چند دهه گذشته تنش های پسماند در ظروف فشار دار و کاربردهای ساختمانی و خطوط انتقال گاز و نفت و در ساختارها و قطعات فلزی و ... مورد توجه قرار گرفته است. از سوی پیشرفت هایی که امروز در ارزیابی یکپارچه ساختارها و ساختمانها در ارتباط با قطعات جوش صورت پذیرفته است. خواستار اطلاعات دقیق تری درباره حالت تنش پسماند می باشد. تنش های پسماند در اثر عدم هماهنگی در شکل طبیعی بین نواحی مختلف در یک قطعه حاصل می شود به خصوص در جوشکاری تنش های پسماند مورد توجه قرار می گیرند. تنش های پسماند می توانند بسته به علامت، اندازه و توزیع شان با توجه به تنش های اعمالی، تعیین کننده باشند.

ارزیابی تنش پسماند یک ابزار مهمی نیز برای کنترل فرآیند، کنترل کیفی، ارزیابی طراحی و آنالیز نقص می باشد. چون این تنش ها می توانند پیامدهای مهمی روی عملکرد اجزاء و قطعات مهندسی داشته باشند و همچنین تأثیر زیادی روی خوردگی، مقاومت شکست، خزش و ... دارا می باشند. لذا کاهش و کم کردن این تنش ها مطلوب می باشد. از این رو تنش های پسماند در اتصالات جوشکاری شده عمدتاً توسط عملیات حرارتی یا توسط تنش مکانیکی کاهش می یابد.

- روش های متفاوتی برای اندازه گیری یا تخمین تنش پسماند براساس اندازه گیری دقیق یا با استفاده از تکنیک های عددی وجود دارد. اندازه گیریها می توانند از نوع مخرب مانند (سوراخکاری) یا غیر مخرب مانند اشعه X، یا تفرق نوترونی و فراصوتی باشند. و تفرق نوترونی اساساً یک تکنیک برجسته برای پی بردن به تنش پسماند به صورت غیر مخرب در درون قطعات مهندسی در سه بعد و در حجم های کوچک می باشد.

در این پروژه به تخمین تنش پسماند با استفاده از روش های غیر مخرب و ارتباط آن با پروسه های تولید در انواع مختلف جوشکاری فولاد می پردازیم.

- جوشکاری ذاتاً باعث بروز تولید ترک هایی در محل جوش می شوند، اندازه و محل این ترکها را می توان به عنوان یک معیار در تعیین عمر جوشکاری مورد استفاده قرار داد. تنش هایی که می توانند باعث رشد ترک خوردگی شوند به تنش های بیرونی محدود نمی شوند. به عنوان نمونه می توان گفت که تنش های پسماند در داخل و اطراف ناحیه جوش به عنوان یک پیامد از فرآیند جوش، تولید می شود. بنابراین این موضوع برای دانستن اندازه و علامت تنش پسماند در ناحیه جوش مهم خواهد بود. و این بحث خصوصاً در جوشهای با مقطع ضخیم که دارای یک تنش ۳ بعدی است جالب توجه می باشد. در اینجا به بحث در مورد استفاده از اسکن کردن کششی نوترونی

برای فراهم آوردن اسکن های ۳ بعدی ضخیم مربوط به نمونه های فولادی جوشکاری شده و جوشکاری نشده خواهیم پرداخت.

- در این پروژه به بررسی تنش پسماند در لوله های فولادی 9Cr-1Mo اشاره خواهد شد که جوشکاری مربوط به این فولادها در صنایع نفت و برق کاربرد گسترده ای دارند. از سویی در فرآیندهای تولید مانند جوشکاری تنش پسماند می تواند منجر به شکست در قطعات فولادی شود. لذا برای بهبود میزان سختی و برای حذف تنش پسماند بعد از جوشکاری، جوشکاری فولاد Cr-Mo بایستی تحت عملیات حرارتی پس از جوشکاری قرار بگیرد. جوشکاری ذوبی یک فرآیند اتصالی است که در ساخت کشتی، پل های فولادی، مخازن فشار و غیره مورد استفاده قرار می گیرد. مزیت این جوشکاری به عنوان یک فرآیند اتصال دهنده عبارتست از: کاری زیاد اتصال، انعطاف پذیری و هزینه کم تولید. جوشکاری ذوبی هرچند دارای ویژگی های زیادی در صنعت است اما می تواند خواص مواد را تغییر داده و باعث خمش، انقباض و تنش پسماند در اتصال شود. لذا یک عملیات حرارتی پس از جوش به طور گسترده برای کاهش تنش پسماند ناشی از جوشکاری توصیه می شود. از سویی تنش های پسماند تأثیر بسزایی بر روی تعیین شکل جوش، استحکام خستگی، تافنس شکست و... دارند بنابراین ارزیابی و درک تنش های پسماند ناشی از جوشکاری مهم می باشد.

روش های زیادی برای ارزیابی توزی تنش پسماند وجود دارد. روش های آزمایشی شامل پراش اشعه X، تحلیل فراصوتی، ایجاد سوراخ و برش است. روش های عددی که تحلیل های مفصل تری از تنش های پسماند ناشی از جوشکاری را ارائه می کند. در طول سه دهه گذشته به علت پیشرفت رایانه ها، تکنیک های عددی گسترش قابل توجهی یافته است. در این پروژه به بررسی تنش های پسماند پس از جوشکاری و پس از یک عملیات حرارتی، پس از جوش به وسیله روش المان محدود اشاره خواهد شد.

از طرفی افزایش احتمال شکست و کاهش استحکام در قطعات دو اثری اند که تنش های پسماند باعث بروز آنها می شوند. لذا به منظور ایجاد یک طراحی مطمئن، ما بایستی یک روش مناسبی را پیدا کنیم که به واسطه آن بتوان به پیش بینی های مربوط به اندازه و توزیع تنش پسماند دسترسی پیدا کرد. یک استفاده گسترده از پیش بینی تنش پسماند در جوشکاری، روش المان محدود می باشد. اگرچه پیش بینی تنش های پسماند حین جوشکاری، با استفاده از روش المان محدود می تواند یک روش اقتصادی و دقیق تری نسبت به روش های آزمایشی مانند پراش نوترونی، اشعه X و تحلیل فراصوتی باشد ولی پیچیدگی هایی هم در هنگام شبیه سازی فرآیند جوشکاری با استفاده از روش المان محدود وجود دارد. برای مثال روش های ابعادی دو بعدی (2D) و سه بعدی (3D)

روش‌هایی‌اند که برای رسیدن به دقت مطلوب بایستی مورد استفاده قرار گیرند و این پروژه به بحث و بررسی در مورد آنها خواهیم پرداخت.

- مواد فلزی هنگام جوشکاری با مواد مشابه و غیرمشابه می‌توانند باعث ایجاد تنش پسماند گردند. گسترش این نوع از تنش داخلی اغلب می‌تواند تحت تأثیر کشش دائمی غیرسازگاری حاصل از عملکردهای مکانیکی و حرارتی مربوط به جوشکاری و تغییر شکل پلاستیکی واقع گردد. چنین عملکردهایی می‌تواند منجر به شکل‌گیری عیب‌های شبکه‌ای شامل جابجایی و حفره‌سازی شوند. چون تکنیک PAS (یک روش غیرمخرب برای تعیین عیوب در فلزات و آلیاژها می‌باشد). ثابت کرده است که قادر است، تنش‌های پسماند را در نورد کاری سرد تعیین کند و به صورت پلاستیکی فولادهای ضد زنگ مارتنزیتی را تغییر شکل دهد. لذا در اینجا از تکنیک PAS برای مشخص کردن تنش‌های پسماند در نمونه‌های جوشکاری شده شامل فولادهای ضد زنگ مارتنزیتی و یا آستینیتی استفاده شده است. در اینجا به مشخص کردن تنش پسماند در نمونه‌های جوشکاری در فولادهای آلیاژی از نوع ۳۰۴L و EP-۸۲۳ توسط تکنیک PAS پرداخته خواهد شد، جوشکاری تلامپی اصطکاکی، یک متود اتصال جامد است به همراه ۵ فاز عملیات که در کل فرآیند صورت می‌گیرد. دوره غوطه‌وری، دوره ته‌نشینی، دوره جوشکاری ثابت، دوره ته‌نشینی ثانویه و دوره رهایی. این تکنیک اتصال فلز از جوشکاری اصطکاکی منشاء می‌گیرد. از آنجایی که بالاتری دما در فرآیند (FSW) کمتر از دمای ذوب ماده در قطعه کار می‌باشد. لذا بزرگترین مزیت این روش: تعیین میکروساختارهای نرم بدون شکاف یا تغییر شکل کم و بدون کاهش عناصر آلیاژی می‌باشد. هر چند FSW یک تکنولوژی جدید جوشکاری می‌باشد اما در جوامع آکادمیک و صنعتی برای اغلب آلیاژهای آلومینیوم مورد استفاده قرار می‌گیرد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که فرآیند FSW در آلیاژهای آلومینیوم جوشکاری‌هایی با کیفیت بالا و هزینه پایین را تأیید می‌کند در نتیجه بهترین عملکرد ساختاری یک دیگر از مزایای این روش می‌باشد. که در این پروژه به بررسی تعیین عددی تنش پسماند در جوشکاری FSW (جوشکاری تلامپی اصطکاکی) و استفاده از مدل سه بعدی پرداخته می‌شود و هم‌چنین شبیه‌سازی عددی دمای اتصال و تحلیل ترمو، مکانیکی غیر خطی سه بعدی با آنالیز المان محدود و تحلیل تنش پسماند در جوشکاری (FSW) را مورد مطالعه قرار می‌دهد.

- تنش‌های پسماند در ساختارها و قطعات فلزی یک پیامد طبیعی از تکنولوژی تولید مانند: قالب‌گیری، نورد جوشکاری و ... می‌باشند. تنش پسماند تنش در ماده بدون هیچ‌گونه بارگذاری حرارتی یا مکانیکی بیرونی می‌باشد و حوزه‌های تنش پسماند همواره در یک قطعه یا ساختار می‌باشد.

سطح تنش پسماند داخلی در ورقه فولادی نورد گرم شده اخیراً به عنوان یک پارامتر کیفی مهم، تشخیص داده شده است. اگر این مورد، دقت نشود مشکلاتی را به واسطه دانستیه گرادیان، مربوط به تنش پسماند ایجاد می کند، برای مثال، برشهای طولی به صورت منحنی در آمده و شکل های برش تغییر می کند و جوش ها تغییر شکل می یابند. حتی کم شدن مقاومت به خوردگی در لوله های جوشکاری شده، تحت اثر تنش پسماند در ورقه فولادی می باشند. که این موارد در این پروژه مورد بحث و بررسی قرار می گیرد.

در طول زمان جوشکاری غالباً تنش های پسماند منجر به ایجاد خساراتی در قطعه می شوند که این امر باعث بروز مشکلاتی در تجهیزات نیروگاهی می شود از آن جمله به ترک خوردگی ناشی از خوردگی تنشی (SCC) می توان اشاره کرد. به منظور جلوگیری از خوردگی SCC در فولاد ضد زنگ، توجه به خواص ماده و تنش پسماند در جوشکاری ضروری می باشد. علاوه بر این توجه بیشتر به ماده و محیط یک ارزیابی مؤثر از تنش پسماند در جوشکاری را ضروری می کند. در حالت کلی، حوزه تنش پسماند جوش به چندین عامل اصلی شامل، خواص ماده، ابعاد ساختاری و شرایط محدود کننده بیرونی و پارامترهای فرآیند جوشکاری مانند حرارت ورودی تعداد پاس های جوش، توالی جوشکاری، درجه حرارت پیش گرم و درجه حرارت بین پاس جوش بستگی دارد هنگامی که یک مدل عددی برای پیش بینی دقیق تنش پسماند جوش استفاده می شود، درجه حرارت و یا رفتار مکانیکی مانند کار سختی بایستی به دقت محاسبه شود. روش المان محدود (FEM) یک ابزار آنالیز عددی قوی مفید می باشد. از این روش می توان برای شبیه سازی درجه حرارت جوش، تنش پسماند و تغییر شکل جوش، بهره برد.

در این پروژه ما از هر دو آنالیز عددی و تجربی برای تحقیق در مورد درجه حرارت و توزیع تنش پسماند جوش در لوله هایی از جنس فولاد ضد زنگ با دیواره ای با ضخامت متوسط، استفاده می نماییم. در ابتدا آزمایش هایی برای مشخص کردن تنش پسماند در لوله فولادی ضد زنگ ۳۰۴ SuS انجام می شود و سپس تحلیل المان محدود دو بعدی برای شبیه سازی درجه حرارت و تنش پسماند انجام خواهد گرفت و در نهایت تأثیر استحکام نهایی فلز جوش روی تنش پسماند توسط شبیه سازی عددی انجام خواهد شد.

از جمله روش های کاهش تنش پسماند کوپیدن لیزری می باشد. اصولاً کوبکاری لیزری یک تکنیک عملیات سطحی است که از لحاظ مکانیکی فعالیتی دو طرفه محسوب می شود. انرژی مربوط به کوبکاری لیزری یک پالسی خیلی بزرگتر از ساچمه پاشی می باشد. این تکنیک به عنوان یک روش جلوگیری در برابر ترک خوردگی و خوردگی تنشی (SCC) در نیروگاهها می باشد. در این

**جهت خرید فایل word به سایت www.kandoo.cn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۰۵۱۱ تماس حاصل نمایید**

پروژه اصول مربوط به کوبکاری لیزری که باعث بهبود اثرات تنش پسماند در هنگام بکارگیری کوبکاری لیزری برای ایجاد محدوده های جوش و اتصالات جوشکاری شده می شود پرداخته خواهد شد و در پایان روش هایی برای کاهش تنش پسماند در جوشکاری پیشنهاد می شود.

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

www.kandoo.cn.com

عنوان : پیش بینی تنش پسماند جوشکاری در لوله فولادی 9Cr-1Mo اصلاح شده با جوشکاری لب به لب با چند پاس با توجه به اثرات انتقال فازی
چکیده :

هدف از این مقاله تحقیق تأثیر انتقال فازی حالت جامد روی ارزیابی توزیع های تنش پسماند در لوله های فولادی 9Cr-1Mo اصلاح شده با جوشکاری لب به لب می باشد. یک مدل المان محدود پلاستیکی الاستیکی حرارتی که در انتقال فاز متالوگرافیکی به کار می آید ، ایجاد شده بود . اثرات روی تنش آنالیز عددی تحقیق شده بودند . اثرات روی تنش پسماند جوشکاری مربوط به تغییرات حجمی و تغییرات استحکام نهایی برای انتقال مارتنزیتی - استنیتی توسط آنالیز عددی تحقیق شده بودند. نتایج شبیه سازی شده نشان می دهند که تغییرات حجمی و تغییر استحکام نهایی بواسطه انتقال مارتنزیتی روی تنش پسماند جوشکاری - تأثیر داشته است . شکل دهنده نه تنها باعث تغییر اندازه تنش پسماند می شود ، بلکه علامت مربوط به تنش پسماند را در ناحیه جوش مشخص می کند . در حالت هایی که تغییرات حجمی بواسطه انتقال فازی در نظر گرفته می شود ، نتایج شبیه سازی شده در حالت کلی در یک توافق و هم سوئی خوبی با اندازه گیریهای تجربی قرار دارند .
لغات کلیدی : المان محدود ، آنالیز عددی ، تنش پسماند جوشکاری ، انتقال فازی ، جوشکاری با چند پاس .

۱- مقدمه :

جوشکاری مربوط به فولادهای Cr-Mo یک نقش خیلی حیاتی را در صنایع نفت و برق ، بازی می کند. بنابراین جوشکاری و عملیات حرارتی ، پس از جوشکاری (PWHT) مربوط به فولادهای Cr-Mo به صورت خیلی گسترده در چند سال اخیر مورد مطالعه قرار گرفته اند . فرآیندهای تولید همانند جوشکاری ، تنش های پسماند ناخواسته که گاهی مشاهده می شوند ، منجر به یک شکست شکننده ، تردی هیدروژنی (HE) و یک انحراف از عمر خستگی می شود . در حالت کلی ، برای بهبود میزان سختی و برای حذف تنش پسماند بعد از جوشکاری ، جوشکاری فولاد Cr-Mo ، بایستی تحت عملیات حرارتی پس از جوشکاری قرار بگیرد .
فولاد ضد زنگ 9Cr-1Mo اصلاح شده ، یک ماده ساختاری نسبتاً جدیدی است که در اصل برای مولدهای (ژنراتورهای) بخار در صنعت تولید برق و هسته ای پیشرفته ، ایجاد شده بود . چون فولاد 9Cr-Mo اصلاح شده دارای یک استحکام خزشی بالا می باشد ، حتی در درجه حرارت بالا ، به یک درجه حرارت نسبتاً بالایی برای حذف تنش پسماند جوشکاری توسط (PWHT)

نیاز دارد. بنابراین، برای طبقه بندی معیار برای شرایط PWHT مناسب لازم است تا تنش پسماند جوشکاری به صورت دقیق پیش بینی شود. بهر حال، روی مفهوم تنش پسماند جوشکاری در فولادهای 9Cr-1Mo، در حال حاضر مطالب اندکی را می توان پیدا نمود. در این مطالعه هدف پیش بینی تنش پسماند جوشکاری در لوله فولادی 9Cr-1Mo اصلاح شده توسط آنالیز عددی می باشد در موارد مربوط به فولادها، این نکته قابل تشخیص می باشد که انتقال فازی می تواند به صورت قابل توجهی روی توسعه تنش های پسماند تأثیر بگذارد.

به منظور پیش بینی دقیق تنش پسماند جوشکاری، فاکتور متالورژیکی بایستی به حساب بیاید؛ یک تعداد از مدل های عددی برای پیش بینی تنش پسماند جوشکاری با توجه با انتقال متالورژیکی، ایجاد شده اند. در کار حاضر، هدف ما تمرکز روی پیش بینی تنش های پسماند جوشکاری در جوش های لب به لب، با چند پاس برای لوله فولادی 9Cr-1Mo با در نظر گرفتن اثرات انتقال فازی حالت جامد، می باشد. بر اساس نتایج مربوط به تحقیقات گذشته، یک مدل المان محدود پلاستیکی الاستیکی حرارتی به حساب آمده برای انتقال های فاز متالورژیکی، ایجاد شده بود. اثرات مربوط به تغییرات حجمی و تغییر استحکام نهایی به واسطه انتقال مارتنزیتی - استینیتی روی تنش های پسماند جوشکاری توسط آنالیزهای عددی تحقیق شده بودند. تجربیاتی نیز برای تأیید اثرات مربوط به مدل عددی پیشنهاد شده انجام شدند.

فرآیند تجربی:

ماده استفاده شده در این مطالعه، لوله های فولادی 9Cr-1Mo با قطر بیرونی 318.5mm، ضخامت 21.4mm و طول 1900mm بود، ترکیبات شیمیایی مربوط به فلز پایه و فلز جوش و وضعیت علمیات حرارتی مربوط به فلز پایه در جدول ۱ نشان داده شده اند. لوله فولادی 9Cr-1Mo اصلاح شده در 1040°C به حالت نرمال در آمده بود و در درجه حرارتی که پایین تر از 730°C نمی باشد، تحت عملیات حرارتی قرار گرفتند. لوله توسط یک روش جوشکاری چند پاسه، جوشکاری شد. توالی (ترتیب) پاس جوشکاری و جزئیات ابعادی مربوط به شیار در شکل ۱ آمده اند. دو پاس نخستین توسط جوشکاری قوس تنگستن تحت پوشش گاز محافظ (GTAW) با استفاده از سیم TGS-9Cb به عنوان یک فلز پر کننده اجراء شدند.

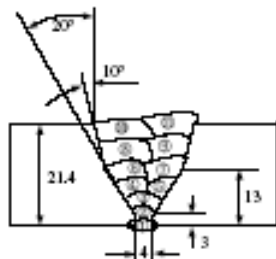
باقیمانده پاس های جوش با استفاده از جوشکاری قوس فلزی تحت پوشش گاز (GMAW) و سیم MGS-9Cb به عنوان یک فلز پر کننده، انجام شدند. گاز محافظ، Ar-5%Co₂ بود شرایط جوشکاری برای هر پاس در جدول ۲ نشان داده شده اند.

بعد از تکمیل جوشکاری، مقیاس کرنشی با سه محور با طول 1mm برای اندازه گیری کشش های آزاد شده در جهت محیطی و جهت محوری روی سطوح بیرونی و درونی که زاویه محیطی 180° بود، استفاده شدند.

شکل ۲- محل های مربوط به اندازه گیریهای کششی روی سطوح داخلی و بیرونی لوله جوشکاری شده را نشان میدهد. با استفاده از کشش های آزاد شده، تنش های پسماند جوشکاری رامی توان محاسبه نمود.

[جدول ۱- ترکیب شیمیایی (درصد جرمی) مربوط به فلز پایه و فلز جوش و وضعیت عملیات حرارتی مربوط به فلز پایه]

Element	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Nb	N	Al	Ne
Base metal	0.08	0.27	1.29	0.007	0.006	8.86	0.98	0.19	0.03	0.06	0.04	0.38
Weld metal (TIG)	0.07	0.26	0.99	0.008	0.006	8.97	0.90	0.18	0.04	0.022	-	0.68
Weld metal (MIG)	0.07	0.16	0.99	0.007	0.006	8.97	0.90	0.18	0.04	0.022	-	0.68
Normalizing	1040°C/furnace cooling											
Tempering	790 °C/air cooling											



[شکل ۱- جزئیات ابعادی مربوط به شیارها و محل های مربوط به پاس جوش]

۳-مدل سازی المان محدود:

جوشکاری ذوبی یک پدیده خیلی پیچیده ای است که شامل انتقال حرارت، انتقال جرم، واکنش متالورژیکی، شکست المانی، تغییر ساختار میکروسکوپی، ارزیابی خواص مکانیکی و... می باشد.

رویکردهای عددی پیچیده برای مدل سازی به صورت دقیق در فرآیند جوشکاری لازم و ضروری می باشد.

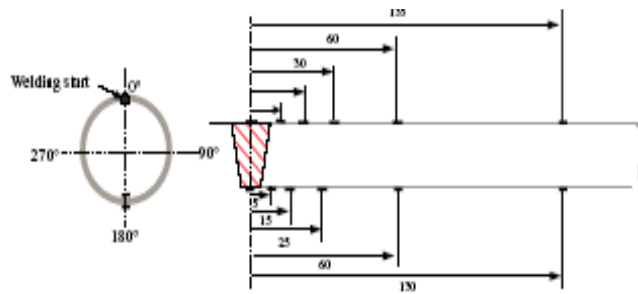
بهرحال ، برای تصاحب همه ویژگی ها ، نتیجه به دست آمده در یک مدل همیشه به صورت حقیقی حل نخواهد شد. . برخی از این فاکتورها ممکن نیست به صورت قابل توجهی روی محاسبات تنش پسماند تأثیر بگذارند و آنها شبیه سازی را به صورت قابل توجهی پیچیده می کند . بنابراین ، فرضیه های ساده سازی بایستی برای پایه گذاری یک مدل المان محدود دقیق و مؤثر به صورت منطقی ، مورد استفاده قرار گیرد .

در این مطالعه ، توزیع تنش پسماند توسط یک فرمول المان محدود ترمومکانیکی غیر متصل با استفاده از کد ABAQUS شبیه سازی شده بود . در آنالیز حرارتی و آنالیز مکانیکی ، محاسبات از خواص مکانیکی و ترموفیزیکی و وابسته به درجه حرارت فلز پایه و فلز پر کننده استفاده می شود . خواص فیزیکی حرارتی وابسته به درجه حرارت و خواص مکانیکی وابسته به درجه حرارت مربوط به فولاد ضد زنگ 9Cr-1Mo به ترتیب در شکل های ۳ و ۴ نشان داده شده اند . آنالیز حرارتی بر اساس فرمول بندی هدایت حرارتی با منبع حرارتی ترکیب شده ای از یک شار سطحی و یک شار حجمی بود .

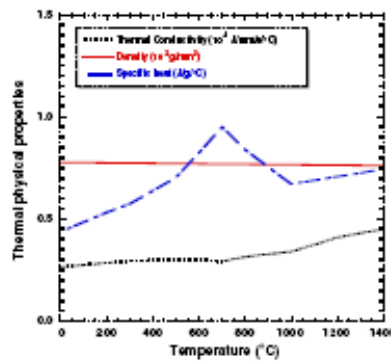
یک آنالیز المان محدود سه بعدی ، روش بهینه ای از سیکل حرارتی مربوط به فرآیند جوشکاری می باشد ، اما این روش نیازمند یک زمان محاسبه خیلی طولانی می باشد . چون مسئله انتقال حرارت مربوط به جوشکاری لوله رامی توان با یک آنالیز متقارن محوری دو بعدی با فرض اینکه سرعت جوشکاری به صورت قابل توجهی نسبت به نرخ رسانایی فلز جوش کاری شده سریع می باشد ، ساده سازی نمود، یک مدل المان محدود متقارن محوری با استفاده از المان های محدود چهار گره ای ایجاد شد .

[جدول ۲- شرایط جوشکاری برای هر فاز]

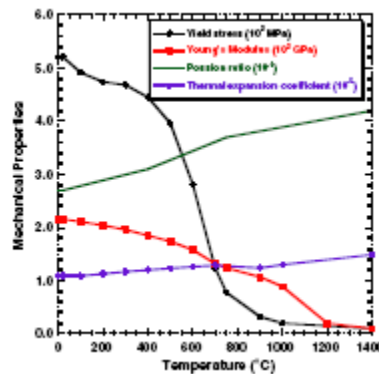
Pass number	Welding method	Welding current (A)	Arc voltage (V)	Welding speed (cm/min)	Nominal heat input (kJ/mm)	Preheating temperature inter-pass temperature (°C)
1	GTAW	120	11	5.2	1.52	300
2	GTAW	170	11	6.5	1.75	200-250
3	GMAW	250	30	25.6	1.76	200-250
4	GMAW	250	30	34.0	1.32	200-250
5	GMAW	250	30	33.8	1.33	200-250
6	GMAW	250	30	37.9	1.19	200-250
7	GMAW	250	30	38.9	1.16	200-250
8	GMAW	250	30	34.4	1.31	200-250
9	GMAW	250	30	35.0	1.29	200-250
10	GMAW	250	30	35.3	1.27	200-250
11	GMAW	250	30	40.2	1.12	200-250



[شکل ۲- محل های اندازه گیری گیج های کرنشی در امتداد جهت محوری]



[شکل ۳- خواص فیزیکی حرارتی وابسته به درجه حرارت]



[شکل ۴- خواص مکانیکی حرارتی وابسته به درجه حرارت]

کار اصلی در توسعه و ایجاد مسیرهای فرعی کاربری برای کد ABAQUS بود که برای شبیه سازی حرارت ورودی برای جوشکاری چند پاسه در آنالیز حرارتی و برای یکپارچه سازی اثرات انتقال فازی حالت جامد در آنالیز مکانیکی استفاده شده بودند. در مطالعه ای که هم اکنون پیش روی شماست، آنالیز حرارتی و آنالیز مکانیکی به صورت غیر متصل بودند و به صورت متوالی (ترتیبی) انجام شدند.

به عنوان یک گام در مرحله نخست در آنالیز حرارتی محاسبه مربوط به حوزه های درجه حرارت گذرا را در حین جوشکاری انجام داده بودند. به عنوان یک مرحله ثانویه، آنالیز مکانیکی بر اساس نتایج آنالیز حرارتی انجام شده بود در این مرحله، شکست حجمی مربوط به مارتنزیت نیز با استفاده از رابطه ماربرگر-کوستین^۱ انجام شد. مدل المان محدود به کار رفته برای آنالیز مکانیکی مشابه با مدل حرارتی می باشد بجز برای نوع المان محدود در شرایط مرزی.

۱-۳- آنالیز حرارتی :

مدل جوشکاری در شکل 5(a) و توالی مربوط به پاس های جوش در شکل 5(b) نشان داده شده اند. اندازه بستر مربوط به هر پاس جوش عمدتاً طبق حرارت ورودی تعیین شده بود. در مطالعه ای که پیش روی شما قرار دارد، شکل بستر به صورت دقیق مدل سازی نشده بود. حرارت ورودی برای بخش کاری را می توان به دو بخش تقسیم بندی نمود. یکی حرارت مربوط به قوس جوشکاری و دیگری حرارت مربوط به فلز مذاب می باشد. در این مطالعه، حرارت مربوط به قوس جوشکاری توسط یک منبع حرارت سطحی با یک توزیع گوسی مدل سازی شده بود و قطرات مربوط به فلز مذاب توسط یک منبع حرارتی حجمی مدل سازی شده بود. ویگمن و پارو^۲، ابعاد مربوط به حوضچه جوش و ابعاد تقویت شده مربوط به جوش های GMAW را با استفاده از یک منبع حرارتی مرکب را پیش بینی کردند. این تحقیق منجر به این پیشنهاد شد که به نظر می رسد که حرارت مربوط به قطره فلز، ۶۰٪ حرارت کلی فلز فرض شود، منطقی می باشد. در این مطالعه، حرارت مربوط به قوس نیز ۴۰٪ حرارت کلی و حرارت مربوط به قطرات فلز مذاب، ۶۰٪ حرارت کلی فرض شد. در جوشکاری چند پاسه، المان های جدید، به صورت دوره ای به شبکه موجود بعد از یک پاس جوش، اضافه شده بودند. ضمن اینکه، شرایط مرزی انتقال حرارت نیز بعد از اضافه شدن المان های جدید، اصلاح شده بودند. برای بحساب آوردن اثرات انتقال حرارت به واسطه جریان سیال در حوضچه جوش، یک افزایش تصنعی در قابلیت رسانایی حرارتی بالای درجه حرارت مذاب فرض شده بود. اثرات حرارتی ایجاد شده توسط انجماد حوضچه جوش توسط در نظر گرفتن حرارت نهان و نهفته ذوبی، مدل سازی شده بودند.

برای محاسبه افت های حرارتی، هم انتقال حرارتی تشعشعی و هم انتقال حرارتی همرفتی در سطح قطعه کار، مدل سازی شده بودند.

^۱ - Koistinen – Marburger

^۲ - Weckman , Pardo

ورودی حرارتی خالص کلی به صورت زیر محاسبه شده بود :

$$Q = \eta UI / v \quad (1)$$

که در این فرمول η مبین فاکتور راندمان ، U ولتاژ قوس ، I جریان جوشکاری و v سرعت جوشکاری می باشد.

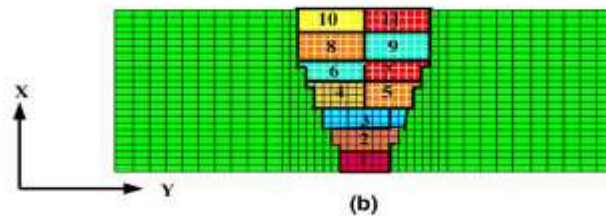
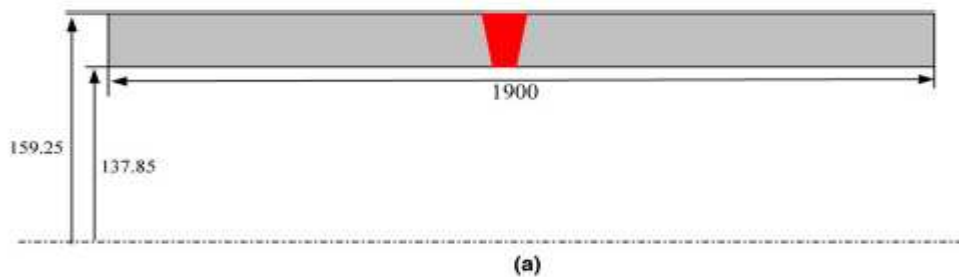
فاکتور راندمان برای فرآیند جوشکاری GTAW, 0.6 و برای فرآیند جوشکاری GMAW ، 0.75 فرض می شود .

حرارت ورودی خالص کل را می توان مطابق با جدول ۲، محاسبه نمود.

در آنالیز حرارتی ، هم درجه حرارت پیش گرم و هم درجه حرارت موجود در داخل پاس جوش در نظر گرفته شدند . درجه حرارت پیش گرم فرض شد که 300°C می باشد که با نتایج تجربی هماهنگی داشت و درجه حرارت داخل پاس به $200 \pm 10^{\circ}\text{C}$ فرض شده بود .

۲-۳- انتقال فاز حالت جامد :

هنگامی که فولاد بالای درجه حرارت A1 حرارت داده می شود ساختار bcc آن شروع به تغییر به سمت ساختار fcc می نماید و حجم کاهش می یابد.



[شکل ۵ (a) مدل شبیه سازی و (b) شبکه های المان محدود نزدیک محدوده جوش و توالی پاس های جوش]

در حین خنک کاری سریع ، استنیت با ساختار (fcc) به مارتنزیت با ساختار (bct) تغییر نموده و حجم افزایش می یابد . تغییر حجم بواسطه انتقال فازی در دوره حرارت دهی و خنک کاری ، در شکل ۶ نشان داده شده است .

برای فولاد 9Cr-Mo ، اندازه گیریهای درجه حرارت و محاسبات نشان میدهند که علیرغم یک درجه حرارت پیش گرم 300°C و حرارت ورودی نسبتاً بزرگ ، استنیتی شدن فلزی در حین جوش کاری به 500°C خنک می شود (در یک محدوده زمانی 100-150s) این زمان خنک کاری کوچکتر از زمان خنک کاری معیار می باشد . این قضیه منجر به این پیشنهاد می شود که بعد از خنک شدن جوش به درجه حرارت اتاق ، ساختار میکروسکوپی مربوط به فلز جوش و HAZ ، مارتنزیت کامل می باشد .

کمیت مربوط به مارتنزیت منتقل شده از استنیت به درجه حرارت زیر درجه تحت خنک کاری Ms ، بستگی دارد . این انتقال تقریباً مستقل از ترکیب شیمیایی می باشد و همه انواع فولادها را در بر می گیرد . در این مطالعه ، بسته به درجه حرارت پیک که یک نقطه یکپارچه سازی از یک المان حاصل در حین فرآیند حرارت دهی و فرآیند خنک کاری از A3 به 500°C می باشد ، تصمیم گیری بر اساس این پرسش که آیا نقطه مورد نظر از انتقال استنیت به مارتنزیت است یا نه ، صورت می پذیرد . در واقع ، چون راندمان خنک کاری از A3 تا 500°C خیلی کمتر از زمان لازم مورد نیاز برای خنک کاری برای فولاد 9Cr-1Mo می باشد ، همه نقاط مورد نظر که دارای درجه حرارت پیک بالاتر از A3 می باشد ، تحت انتقال مارتنزیتی در هنگام خنک کاری به Ms قرار دارد . فرض می شود که هنگام خنک شدن به Ms ، استنیت به صورت کامل به مارتنزیت تبدیل می شود .

در محاسبات ، درجه حرارت Ms فرض شد که 375°C می باشد درجه حرارت Ms ، 200°C ، 820°C ، A1 ، 920°C ، A3 می باشند .

در این مطالعه ، رابطه ماربرگر - کوستین بیان شده توسط فرمول (۲) برای شرح انتقال مارتنزیت استفاده شده بود .

$$f_m = 1 - \exp(-0.011(M_s - T)) \quad (T \leq M_s) \quad (2)$$

در این فرمول ، fm بخشی از مارتنزیت در درجه حرارت موجود ، T درجه حرارت در حین خنک کاری می باشد .

به منظور ردیابی و علت یابی تغییر شکل مارتنزیتی در حین خنک کاری ، تعادل دیفرانسیلی بر اساس فرمول ۲ در مدل المان محدود استفاده شده بود . با توجه به نحوه نگارش به صورت تصاعدی ، فرمول دیفرانسیلی را می توان به صورت زیر نوشت :

$$\Delta f_m = \{-0.011 \exp[0.011(T - M_s)]\} \cdot \Delta T \quad (۳)$$

که در این فرمول ΔT افزایش درجه حرارت در حین خنک کاری می باشد .

۳-۳- آنالیز مکانیکی :

در آنالیز مکانیکی ، اثرات روی تنش پسماند مربوط به تغییرات حجم و تغییر تنش نهایی به واسطه انتقال مارتنزیتی ، در محاسبات اعمال می شوند.

در دوره مربوط به یک فرآید جوش ، یک کشش اضافی القاء شده توسط ارزیابی ساختار میکروسکوپی در حین انتقال فاز حالت جامد در امتداد کرنش حرارتی می باشد . طبق تغییر ساختار میکروسکوپی ، انتقال القاء شده پلاستیکی نیز تولید می شود . بنابراین نرخ کرنش کلی (ϵ) را می توان به صورت مجموع مؤلفه های تکی از نرخ کرنش به صورت زیر باز نویسی نمود :

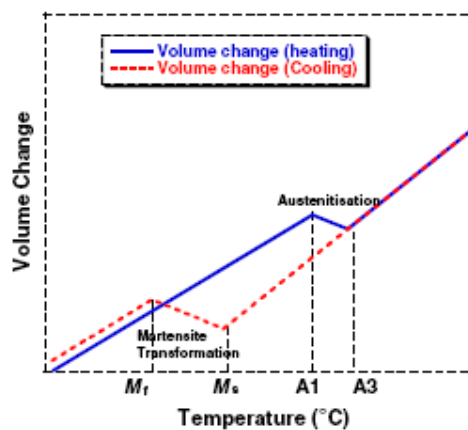
$$\epsilon = \epsilon^E + \epsilon^P + \epsilon^T + \epsilon^{\Delta V} + \epsilon^{T_p} \quad (۴)$$

مؤلفه ها در این فرمول مبین نرخ کرنش به واسطه بارگذاری حرارتی ، پلاستیکی ، و الاستیکی ، تغییرات حجمی و تغییر شکل پلاستیکی می باشند .

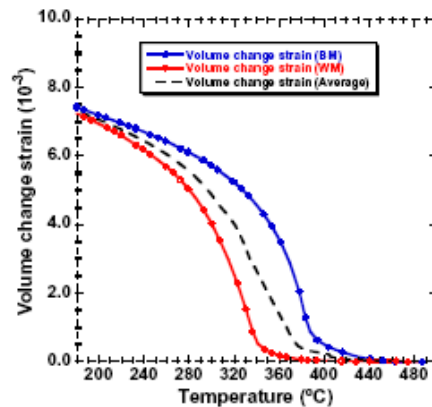
در این مطالعه ، انتقال القاء شده پلاستیکی به حساب نیامده بود . با عدم در نظر گرفتن این مؤلفه ، افزایش کرنش را می توان به صورت زیر بیان نمود :

$$\Delta \epsilon = \Delta \epsilon^E + \Delta \epsilon^P + \Delta \epsilon^T + \Delta \epsilon^{\Delta V} \quad (۵)$$

تغییرات حجمی مربوط به فولاد ضد زنگ 9Cr- 1Mo اصلاح شده در حین انتقال مارتنزیتی به صورت تجربی اندازه گیری شد . شکل ۷ رابطه بین کرنش به واسطه تغییرات حجمی و درجه حرارت برای فلز پایه و فلز جوش را نشان می دهد . از این شکل می توانیم مشاهده کنیم که درجه حرارت Ms مربوط به فلز پایه 400°C می باشد یا درجه حرارت فلز جوش 350°C می باشد .



[شکل ۶- نمودار شماتیک مربوط به تغییرات حجمی به واسطه انتقال فازی]



[شکل ۷- تغییرات حجمی فلز جوش 9Cr-1Mo در حین خنک کاری]

و خط شکسته شده، مقدار متوسط برای فلز پایه و فلز جوش را نشان می دهد. در این مطالعه، مقدار متوسط، هماهنگ سازی شده بود. از شکل ۷ این نکته هم قابل مشاهده می باشد که کرنش به واسطه تغییرات حجمی وابسته با انتقال مارتنزیتی نسبت داده شده به فولاد 9Cr-1Mo به صورت تقریبی $3-10 \times 7/5$ می باشد با استفاده از رابطه ماربرگر - کوستین افزایش کرنش به واسطه تغییرات حجمی در دوره مربوط به انتقال مارتنزیتی می تواند با استفاده از فرمول زیر محاسبه شود:

$$\Delta \varepsilon^{AV} = \Delta f_m \cdot \Delta \varepsilon^{AV} \quad (6)$$

که در این فرمول $\Delta \varepsilon^{AV} = 3-10 \times 7/5$ می باشد.

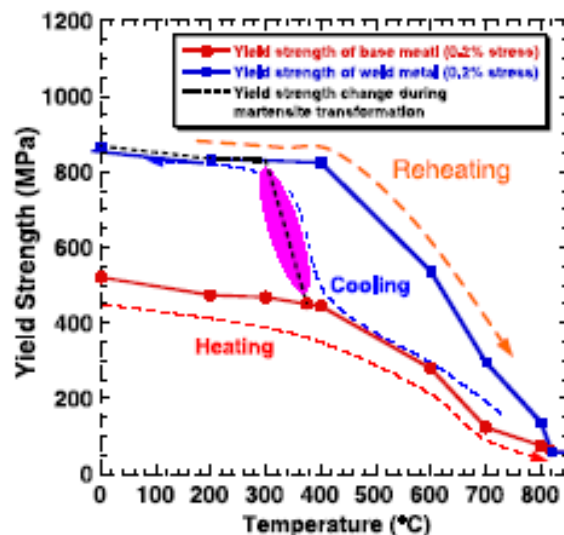
کشیدگی حرارتی و تغییرات حجمی به واسطه انتقال استنیتی نیز با استفاده از یک مُد خطی در نظر گرفته می شود. از طریق اصلاح ضریب انبساط حرارتی، کرنش به واسطه تغییرات حجمی را می توان در کد ABAQUS در نظر گرفت یک مسیر فرعی برای کد ABAQUS برای محاسبه شکست مارتنزیتی و تغییرات حجمی در حین خنک کاری و حرارت دهی ایجاد شده بود.

در عمل، ساختار میکروسکوپی در دوره مربوط به انتقال مارتنزیتی یک ترکیب از مارتنزیت و استنیت می باشد و شکست حجمی مربوط به هر فاز به واسطه خنک کاری تغییر می کند. این نکته قابل برداشت و نتیجه گیری است که خواص مکانیکی همانند استحکام نهایی در حین خنک کاری بروز می کنند. در این مطالعه، تغییر استحکام نهایی به واسطه انتقال مارتنزیتی توسط ایجاد یک مسیر فرعی محاسبه شده بود. بدلیل فقدان داده های تجربی دقیق، ما تغییر استحکام نهایی را با استفاده از یک روش ساده، در نظر می گیریم.

استحکام نهایی مربوط به فلز پایه برای کل مُد در حین فرآیند حرارت دهی مربوط به جوشکاری اول، به کار گرفته شده بود. درجه حرارت پیک مربوط به هر نقطه یکپارچه سازی در

مدل در حین جوشکاری ثبت شده بود بسته به درجه حرارت پیک که یک نقطه ویژه در حین فرآیند حرارت دهی حاصل شده بود. و تصمیم گیری بر اساس اینکه آیا نقطه مورد نظر تحت تبدیل مارتنزیتی اوستیتی قرار دارد یا نه، انجام می گیرد.

برای هر نقطه‌ای که تحت انتقال فازی قرار داشت. استحکام نهایی، توسط فلز جوش تعیین شد (یعنی میزان استحکام به نوع فلز جوش بستگی داشت) برای فلز بستر جوش کنونی، استحکام نهایی مربوط به فلز پایه، در حین حرارت دهی و هنگامی که درجه حرارت به درجه M_s رسیده بود (خنک شده بود) استفاده شد، در عوض استحکام نهایی مربوط به فلز جوش استفاده شد. در جوشکاری با چندین نوبت جوش بدلیل سیکل حرارتی پیچیده، برخی محل ها تحت تأثیر دو یا چند انتقال فازی حالت جامد واقع خواهند شد برای محل هایی که تحت تأثیر چندین انتقال فازی قرار می گیرند. استحکام نهایی مربوط به فلز جوش در حین حرارت دهی استفاده شده بود. بدلیل فقدان داده های دقیق مربوط به ماده اوستیتی با درجه حرارت پایین، استحکام نهایی مربوط به فلز پایه در حین خنک کاری بکار برده شد. بعد از رسیدن درجه حرارت به درجه حرارت M_s ، استحکام نهایی مربوط به فلز جوش، دوباره به کار برده شد.



[شکل ۸- تغییر استحکام نهایی در ضمن انتقال مارتنزیتی]

شکل ۸، استحکام نهایی وابسته به درجه حرارت فلز جوش را نشان می دهد این شکل همچنین تغییر استحکام نهایی را در حین انتقال مارتنزیتی به نمایش می گذارد.

۴- حالت های شبیه سازی شده :

برای طبقه بندی و مشخص نمودن اثرات روی تنش پسماند جوشکاری مربوط به تغییرات حجمی و تغییر استحکام نهایی به واسطه انتقال مارتنزیتی ، چهار حالت متفاوت مورد مطالعه قرار گرفتند . در حالت A، انتقال فازی در نظر گرفته نشد . این بدان معنی می باشد که نه تغییرات حجمی و نه تغییر استحکام نهایی هیچ یک در نظر گرفته نشدند.

در حالت B، فقط تغییرات حجمی به واسطه انتقال فازی به حساب آورده شد . اما استحکام نهایی ناچیز بود . در مقام مقایسه در حالت C، فقط تغییر استحکام نهایی در نظر گرفته شد . اما تغییرات حجمی در نظر گرفته نشد . در حالت D، هم تغییرات حجمی و هم تغییر استحکام نهایی در نظر گرفته شدند. این چهار حالت در جدول ۳ آمده اند .

۵- مباحثه درباره موضوع ارائه شده :

۵-۱- تأثیر تغییرات حجمی :

اگر حالت A به عنوان یک حالت استاندارد فرض شود ، با مقایسه حالت B و حالت A، تأثیر تغییرات حجمی به واسطه انتقال مارتنزیتی را می توان مشخص نمود.

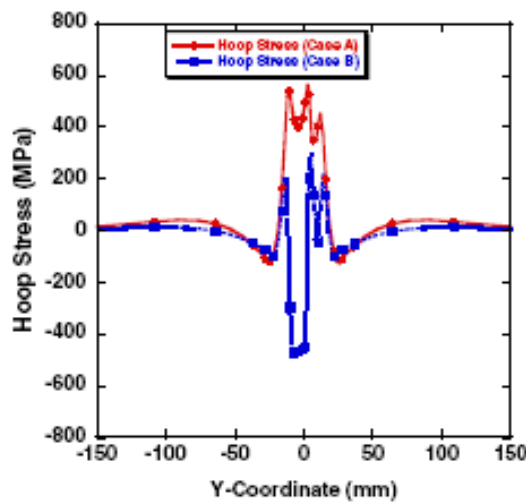
[جدول ۳- حالت های شبیه سازی شده]

Case	Volumetric change	Yield strength change
Case A	No	No
Case B	Yes	No
Case C	No	Yes
Case D	Yes	Yes

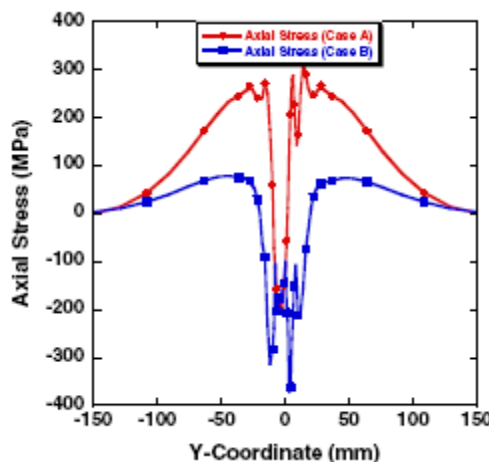
شکل ۹ تنش مماسی را در حالت A و حالت B روی سطح بیرونی نشان میدهد . در حالت A، یک تنش مماسی کششی در ناحیه شکست و HAZ وجود دارد . و حداکثر تنش 520Mpa می باشد که به استحکام نهایی در درجه حرارت اتاق نزدیک می باشد و در حالت B این نکته مشخص است که تنش مماسی فشاری در ناحیه ذوب و HAZ تولید شده بود، تنش فشاری توسط تغییر حجم به واسطه انتقال مارتنزیتی با درجه حرارت نسبتاً پایین تولید شده بودند شکل ۱۰، توزیع تنش محوری را روی سطح بیرونی در حالت های A, B را نشان می دهد . این نکته قابل مشاهده است که یک اختلاف بزرگی بین دو حالت نزدیک به ناحیه جوش وجود دارد در حالت A تنش فشاری در سمت

چپ ناحیه جوش تولید شده بود و تنش کششی نسبتاً بزرگی در هر دو سمت نزدیک به ناحیه جوش تولید شده بودند در مقام مقایسه ، تنش های فشاری نسبتاً بزرگی در نزدیکی ناحیه جوش در حالت B تولید شده بودند.

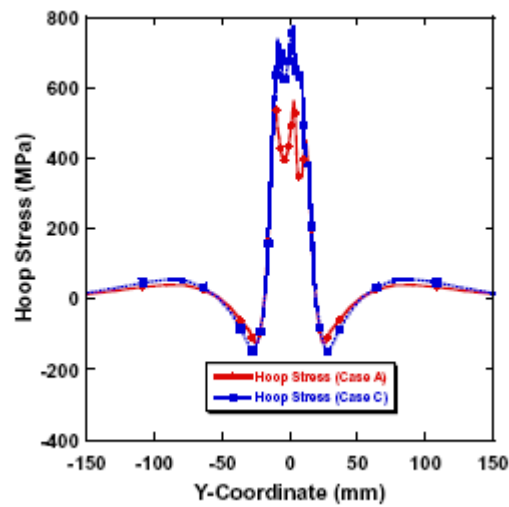
با توجه به نتایج مربوط به حالت شبیه سازی می توان به این نکته رسید که تغییرات حجمی به واسطه انتقال مارتنزیتی دارای یک تأثیر قابل توجهی روی تنش پسماند جوشکاری در لوله های فولادی 9Cr-1Mo اصلاح شده می باشد.



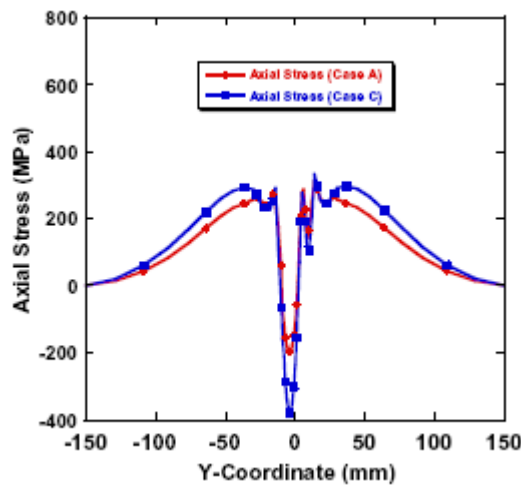
[شکل ۹- توزیع تنش مماسی مربوط به حالت A و حالت B روی سطح بیرونی]



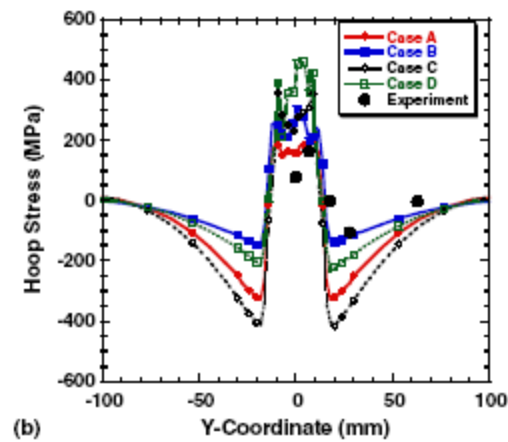
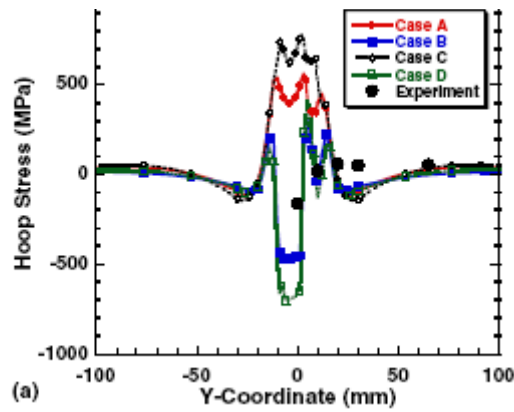
[شکل ۱۰- توزیع های تنش محوری حالت A و حالت B روی سطح بیرونی]



[شکل ۱۱- توزیع های تنش مماسی مربوط به حالت A و حالت C روی سطح بیرونی]



[شکل ۱۲- توزیع های تنش محوری حالت A و حالت C روی سطح بیرونی]



[شکل ۱۳- توزیع های تنش مماسی در جهت محوری (a) سطح بیرونی، (b) سطح درونی]

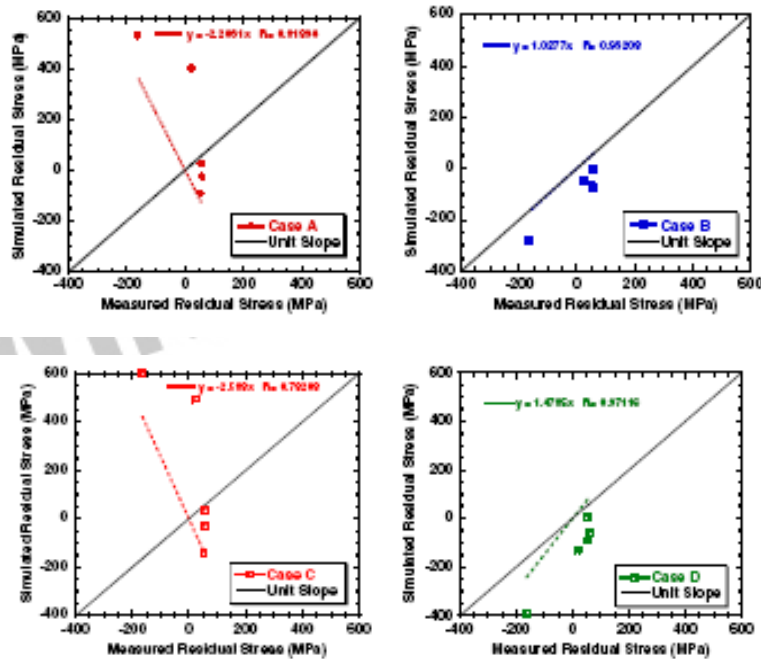
۲-۵- تأثیر تغییر استحکام نهایی :

شکل ۱۱ تنش های مماسی را در حالت A و حالت C روی سطح بیرونی لوله را نشان می دهد از این شکلها مشخصاً می توان مشاهده کرد که تنش مماسی بالاتری در حالت C تولید شده بود. شکل ۱۲ توزیع های تنش محوری را در امتداد جهت محوری روی سطح بیرونی در حالت A و حالت C را نشان می دهد. به صورت خیلی واضح می توان مشاهده نمود که یک تنش محوری فشاری بالاتر در ناحیه ذوبی و HAZ در حالت C تولید می شود به دلیل استحکام نهایی بالاتر به واسطه تبدیل مارتنزیتی در حالت C، به صورت قابل توجهی، تنش های پسماند بالاتر بعد از جوشکاری تولید شده بودند.

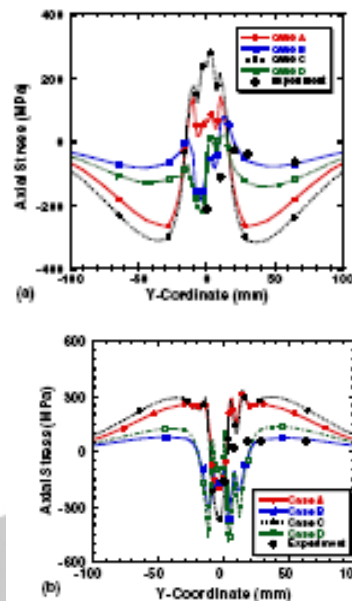
۳-۵- مقایسه بین نتایج شبیه سازی شده و نتایج تجربی :

شکل 13(a),(b) توزیع تنش مماسی مربوط به حالت های A-D و نتایج تجربی روی سطوح بیرونی و درونی را به ترتیب نشان می دهد. در شکل 13(a)، توزیع تنش مربوط به حالت A و

حالت C خیلی متفاوت از موارد مربوط به حالت C,B می باشند . در ناحیه جوش و در ناحیه تحت تأثیر حرارت (HAZ) تنش های فشاری در حالت B و حالت D به واسطه تغییر حجم القاء شده توسط انتقال مارتنزیتی تولید شده بودند.



[شکل ۱۴- نمودارهای مربوط به تصاویر پیش بینی شده در مقایسه با مقادیر اندازه گیری شده ای از تنش پسماند مماسی روی سطح بیرونی]



[شکل ۱۵- توزیع تنش محوری در جهت محوری: (a) سطح بیرونی، (b) سطح درونی (داخلی)]

شکل ۱۴- مقادیر پیش بینی شده را با مقادیر تجربی اندازه گیری شده، مربوط به تنش پسماند مماسی روی سطح بیرونی را مقایسه می کند. در این شکل، خط پررنگ مبین حالت ایده آل می باشد که مقادیر اندازه گیری شده و شبیه سازی شده در آنها مشخص می شوند. خطوط نقطه چین مبین تعادل های برگشتی خطی عبوری از حالت های شبیه سازی می باشد از این شکل، این نکته قابل مشاهده است که تنش های مماسی اندازه گیری شده توسط روش گنج کرنشی در حالت کلی یک هم سوایی و موافقت خوبی، با مقادیر شبیه سازی شده مربوط به حالت B و حالت D از خود نشان می دهند..

نتایج پیش بینی شده در حالت A و در حالت C دارای تفاوت خیلی زیادی با نتایج تجربی می باشند.

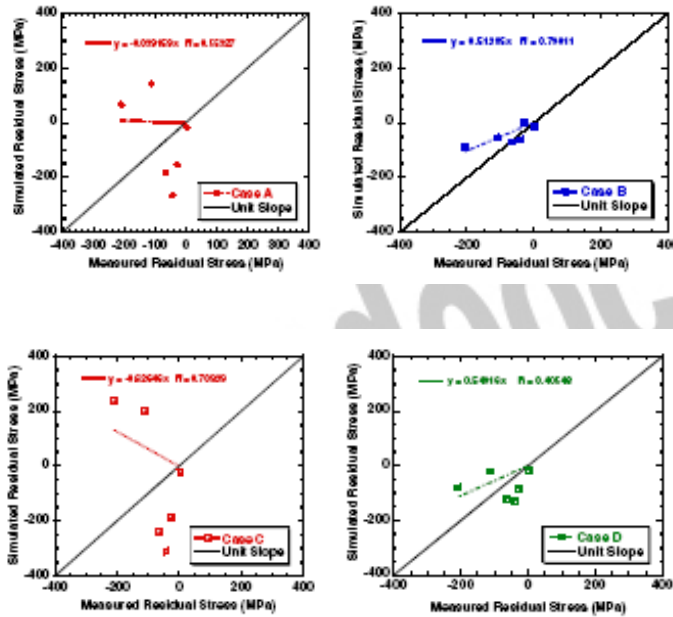
از شکل 13-b مشخصاً می توان مشاهده کرد که بجز برای تنش مماسی کششی نسبتاً بزرگ پیش بینی شده توسط حالت B و حالت D در ناحیه جوش، تنش های مماسی در محل های دیگر در حالت کلی در یک توافق با موارد تجربی قرار دارند. مشابه با توزیع های تنش مماسی روی سطح بیرونی چندین اختلاف بین حالت A, C و تجربیات روی سطح بیرونی وجود دارند.

شکل (a), (b) ۱۵ توزیع تنش محوری مربوط به حالت های A-D و نتایج تجربی روی سطح های بیرونی و داخلی را نشان می دهد. در شکل 15-a و 15-b می توان مشاهده نمود که توزیع های تنش محوری، دارای تفاوت زیادی با حالت های D, B می باشند شکل ۱۶ مقادیر پیش بینی شده و مقادیر اندازه گیری شده مربوط به تنش پسماند محوری روی سطح بیرونی را نشان می دهد. این شکل نشان می دهد که تنش های پسماند محوری پیش بینی شده در حالت B دارای یک همخوانی خوبی با نتایج تجربی می باشند در همان شکل می توان مشاهده نمود که نتایج شبیه سازی شده مربوط به حالت D نیز به مقادیر اندازه گیری شده نزدیک می باشد.

با مقایسه نتایج شبیه سازی و نتیجه های تجربی، می توان به این نتیجه رسید که آنالیزهای صورت گرفته از طریق استحکام نهایی دارای برخی تأثیرات روی تنش پسماند جوشکاری می باشد، که از اهمیت چندانی برای اعمال آن برای استحکام نهایی به واسطه انتقال مارتنزیتی برخوردار نمی باشد، البته این گونه قضاوت با توجه به تغییرات حجمی در ناحیه جوش ایجاد شده برای تبدیل استنیت به مارتنزیت، صورت می پذیرد. این بدان معنی است که تأثیر القاء شده توسط تغییر حجم خیلی مهم تر از تأثیر ایجاد شده توسط تغییر استحکام نهایی می باشد. عامل شکل دهنده علامت و اندازه تغییر تنش پسماند بعداً تولید تنش (تغییر) را در اندازه معین گزارش می کند.

از طریق مقایسه دقیق نتایج تجربی و نتایج شبیه سازی شده مربوط به حالت B و حالت C مشخصاً می توان پی برد که نتایج شبیه سازی شده مربوط به حالت B به نتایج تجربی نزدیک تر می باشند دلیلی که می تواند یک تنش نهایی بالاتر از حد تخمین زده شده باشد در حالت D استفاده شده بود. در حالت D در این محل ها که درجه حرارت پیک بالاتر از A3 بود و به اندازه Ms خنک شده بود، استحکام نهایی بالا در این حالت استفاده شده بود. در حقیقت در دوره مربوط به انتقال فازی حالت جامد، درجه حرارت یک مخلوط مرکب از استنیت و مارتنزیت بود. با کاهش درجه حرارت، بخشی از هر فاز و در نتیجه استحکام نهایی تغییر می کند؛ در حالت D، هنگامی که درجه حرارت پس از خنک شدن به Ms میرسد، تنش نهایی مربوط به مارتنزیتی که تحت عملیات حرارتی قرار نگرفته بود، بجای استحکام نهایی فلز پایه بکار رفت. علاوه بر این در جوش کاری چند پاسه، پاس جوش اصلی توسط پاس های جوش متوالی، تحت تأثیر حرارتی واقع می شود. بعد از حرارت دهی، استحکام نهایی مربوط به ماده کاهش خواهد یافت. بنابراین، این قضیه باعث بروز یک استحکام نهایی بالاتر از حد تخمین در حالت D می شود

چندین امکان برای بهبود فرآیند محاسباتی پیشنهاد شده وجود دارند. در آنالیز حرارتی، شکل بستر جوش ناچیز بود. در حقیقت، به صورت ویژه برای جوشکاری چند پاسه شکل و اندازه بستر روی حوزه درجه حرارت تأثیر می گذارد. دقت تنش های پسماند محاسبه شده به حالت های گذرای درجه حرارت محاسبه شده بستگی دارد، بنابراین در آینده، خدماتی برای مدل مربوط به اندازه و شکل بستر جوش با دقت عرضه می شود. تبدیل القاء شده به صورت پلاستیکی (TRIP) نیز در این مطالعه ناچیز می باشد. در فولادهای 9Cr-1Mo اصلاح شده چون درجه حرارت Ms نسبتاً پایین می باشد یک پنهان سازی عظیمی از تنش ممکن است قبل از انتقال مارتنزیتی تولید شود. این نکته قابل قبول است که انتقال القاء شده به صورت پلاستیکی به صورت ساده تولید می شود علاوه بر این، منظور رسیدن به نتایج با دقت بالا توسط آنالیز عددی، داده های تجربی همانند استحکام نهایی وابسته به فاز مورد نیاز می باشند.



[شکل ۱۶- نمودارهای مربوط به مقادیر اندازه گیری شده در مقایسه با مقادیر اندازه گیری شده‌ای از تنش

پسماند محوری روی سطح بیرونی]

۶- موارد پایانی (خلاصه)

یک مدل المان محدود برای آنالیز تنش پسماند جوشکاری که کاربرد فراوان دارد ، تغییرات حجمی و تغییر استحکام نهایی به واسطه انتقال مارتنزیتی ، ایجاد شده بود. روش پیشنهاد شده برای پیش بینی تنش پسماند جوشکاری در فولاد ضد زنگ 9Cr-1Mo اصلاح شده و توسط روش جوشکاری با چند پاس استفاده شده بود و موارد پایانی زیر قابل توجه می باشند:

۱- مدل عددی پیشنهاد شده با توجه به انتقال مارتنزیتی به صورت موثر برای آنالیز تنش

پسماند در جوشکاری چند پاسه بکار رفته بود

۲- طبق نتیجه های مربوط به شبیه سازی ، این نکته واضح است که تغییرات حجمی به واسطه

انتقال مارتنزیتی دارای یک تأثیر قابل توجهی روی تنش پسماند می باشد این قضیه نه تنها باعث تغییراتی در اندازه تنش پسماند می شود بلکه باعث مشخص شدن علامت تنش های پسماند در ناحیه جوش می شود

۳- تغییر استحکام نهایی القاء شده توسط انتقال فازی حالت جامد نیز دارای یک تأثیر قابل

توجهی روی تنش پسماند جوشکاری می باشد .

۴- هنگامی که تغییر حجم به واسطه انتقال مارتنزیتی به حساب می آید نتایج شبیه سازی المان محدود در حالت کلی از توافق و همخوانی خوبی با نتایج تجربی گیج کرنشی برخوردار می باشند.

۵- بدلیل یک درجه حرارت Ms نسبتاً پایین و انبساط حجمی نسبتاً بزرگ در فولاد ضد زنگ 9Cr-1Mo در نظر گرفتن اثرات مربوط به انتقال مارتنزیتی در آنالیز تنش پسماند، جوشکاری لازم و ضروری می باشد.

فصل سوم

عنوان مقاله : بهبود تنش پسماند مربوط به جوشکاری توسط کوبکاری لیزری

- مقدمه

کوبکاری (پرداخت) لیزری یک تکنیک عملیات سطحی است که از لحاظ مکانیکی فعالیت دو طرفه مربوط به سطح ماده و پلاسمای فشار بالایی را هنگام انتشار لیزر با پالس کوتاه روی ماده زیر آب، ممکن می سازد. انرژی مربوط به کوبکاری لیزری کوتاه تکی (۱ پالس) خیلی بزرگتر از (ساجمه پاشی) می باشد. به صورت متوالی تأثیر بهبود یافته مربوط به تنش پسماند به عمق ۱mm گسترش می یابد و این تکنیک به عنوان یک اندازه گیری پیشگیرانه در برابر ترک خوردگی و خوردگی توام با تنش در نیروگاههای هسته ای، جائیکه قابلیت اطمینان خیلی بالائی مورد نیاز می باشد، بکار می رود و به عنوان یک اندازه گیری میزان خستگی برای قطعات هواپیما هم بکار می رود. علاوه بر این، کوبکاری لیزری کنترل مربوط به شرایط مختلف همانند انرژی پالس دقیق برای ماده، آرایش و چیدمان ناحیه ای را فراهم می نماید و دارای مشخصات دیگری می باشند. مثال ها عبارتند از : عدم نیاز به پیش عملیات ها همانند پولیش کاری، عدم وجود تماس با ماده و عدم نیروی واکنشی. اصول مربوط به کوبکاری لیزری در این مقاله شرح داده می شوند و باعث بهبود اثرات تنش پسماند در هنگام بکارگیری کوبکاری لیزری برای ایجاد محدوده های جوش و اتصالات جوشکاری شده می شود. علاوه بر این نتایج مربوط به تست ترک خوردگی، خوردگی تنشی (SCC) نمایش داده می شوند.

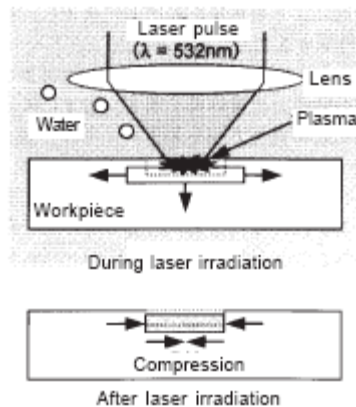
- اصول مربوط به کوبکاری لیزری

اصول مربوط به کوبکاری لیزری با استفاده از شکل ۱ تشریح می شوند. لایه سطحی ماده توسط انتشار ستون لیزری در جایی که عرض پالس چندین برابر ns بوده و دانستیه توان پیک چندین 10^8 از MW/mm^2 و پلاسمای متالیک فشار بالا روی سطح رخ می دهد، ساییده میشود. زمانی که ۱ لیزر روی ماده زیر آب یا ماده با غشاء آبکی روی سطح منتشر می شود، از انبساط پلاسمای توسط اینرسی آب و رسیدن فشار پلاسمای به چند برابر GPa که ۱۰-۱۰۰ برابر آن در هوا می باشد، جلوگیری به عمل می آید. یک موج ضربه ای توسط این فشار و انتشار داخل ماده، تولید می شود. لایه سطحی ماده به واسطه تنش دینامیکی موج برخوردی تحت تغییر شکل پلاستیکی واقع می شود، بنابراین تنش پسماند فشاری توسط احاطه محدودیت الاستیکی شکل می گیرد.

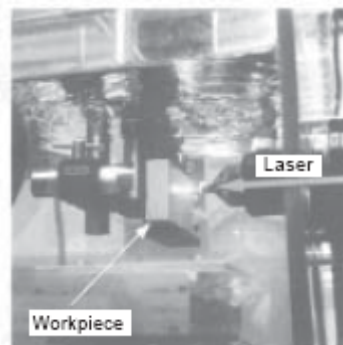
شکل ۲، آرایش ها برای کوبکاری لیزری را نشان می دهد. یک Nd پالسی : ستون لیزری YAG (طول موج $1.06 \mu m$) به (آنالیز هماهنگ) هارمونیک دوم (طول موج $532nm$) تبدیل می شود که توسط آب مقدار اندکی از آن جذب می شود، و به نمونه زیر آب منتشر شد. در شکل ۲، نمونه در دو بعد با استفاده از یک سکوی XY اسکن شده بود و کوبکاری لیزری روی ناحیه پیش بینی شده اجرا شدند. برای کاربردهای مربوط به ساختارهایی با مقیاس بزرگ، هد نوری اسکن می شود و عملکرد ادامه می یابد. انتقال لیزری می تواند با استفاده از یک فیبر نوری یا انتقال فضای آزاد (انتقال آینه ای) انجام شود.

- بهبود تنش پسماند مربوط به محدوده های ایجاد جوش :

ایجاد جوشکاری Inconel 132 (DNiCrFe-1) و Inconel 132 (DNiCrFe-3) روی نمونه های صفحه مسطح و فولاد کربنی با صفحات $100mm$ با ابعاد $60mm \times 40mm$ انجام شد. یک ضخامت $10mm$ از محدوده های جوش برداشت شد.



شکل ۱- اصول مربوط به کوبکاری لیزری



شکل ۲- کار کوبکاری لیزری

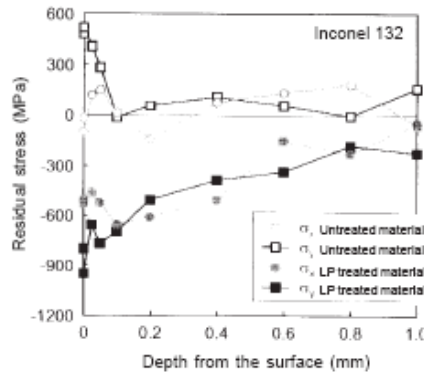
یک سطح از هر نمونه هدف سایش (سنگ زنی) قرار گرفت. تنش پسماند کششی به دو بخش پیشرفته و کوبکاری لیزری اجراء شده تقسیم بندی شد. شرایط بکار گرفته شده برای این کار عبارت بودند: انرژی پالس لیزری ۱۰۰mJ، قطر نقطه انتشار ۰/۶mm و میزان انتشار 70Pulse/mm^2 . تنش پسماند بدست آمده توسط تفرق اشعه X بود. فلز جوش دارای یک درجه بالایی از دانه بندی کریستالی بود، و اندازه گیری با استفاده از یک روش نرمال $\sin^2 \psi$ مشکل می باشد. بنابراین، روش زیر بکار رفت؛ جابجایی زاویه براگ در زاویه ویژه ای از زاویه بروز (زاویه ψ) با یک استحکام شکست بزرگ اندازه گیری شد و مقدار تنش پسماند از گرادیان (شیب) جابجایی مربوط به زاویه براگ در جهت $\sin^2 \psi$ بدست آمد. در اینجا، ثابت الاستیک مورد نیاز برای محاسبه مقدار تنش توسط تست خمش مربوط به نمونه های فلز جوش به دست آمده بود. توزیع تنش پسماند درون ضخامت صفحه توسط حذف محلی لایه سطحی با استفاده از سنگ کاری الکترولیتی و سپس توسط اندازه گیری تنش سطحی مربوط به سطح جدید، بدست آمده بود.

شکل های ۳ و ۴ اثرات بهبود تنش پسماند مربوط به Inconel ۱۳۲ و Inconel ۱۸۲ را به ترتیب نشان می دهند که توسط کوبکاری لیزری بدست آمده بودند. اینجا جهت اسکن کردن مربوط به انتشار لیزر به عنوان جهت X و جهت در زاویه های راست با این جهت به عنوان جهت Y، تعریف شده بود. لایه های تنش پسماند فشاری برای عمق بیش از 1mm از سطح روی هر دو نمونه شکل گرفته بودند و کوبکاری لیزری به داشتن اثرات بهبود تنش پسماند حتی روی نواحی جوشکاری شده توجه دارند.

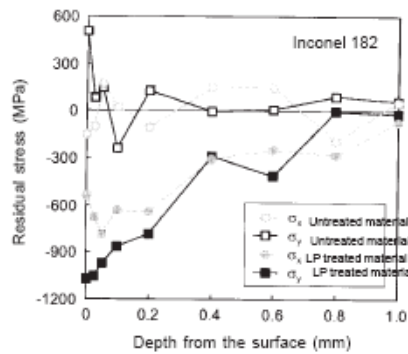
- بهبود تنش پسماند مربوط به محدوده های تحت تأثیر حرارت اتصال جوشکاری شده:

اثرات بهبود مربوط به تنش پسماند در محدوده های تحت تأثیر حرارت جوش بدست آمده توسط کوبکاری لیزری در هنگام استفاده برای یک اتصالی که SUS۳۰۴ و Inconel ۶۰۰ (NCF ۶۰۰) و مربوط به صفحه با ضخامت ۳۸mm با Inconel ۱۸۲ (شکل ۵) جوشکاری شده بود. اتصال با استفاده از یک فرآیند جوشکاری قوس فلزی غلاف دار، ایجاد شد، پروفایل شیار یک شیار V شکل بود. کوبکاری لیزری روی SUS۳۰۴ با یک انرژی پالس ۷۰mJ؛ یک قطر انتشار نقطه ای ۰/۶۵mm و انتشار 100Pulses/mm^2 اجراء شده بود. شرایط برای Inconel ۶۰۰ یک انرژی پالس ۶۰mJ، قطر انتشار نقطه ای ۱mm و انتشار 36Pulses/mm^2 بودند. تنش پسماند در موقعیت هایی به صورت تقریبی در مراکز کوبکاری لیزری و محدوده هایی بدون کوبکاری لیزری، اندازه گیری شده

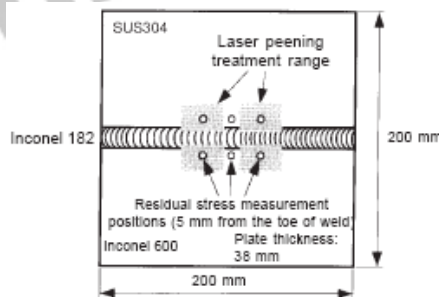
بود، که این محدوده ها در فاصله ۵mm از پنجه جوش قرار داشته و با روش $\sin^2 \psi$ اندازه گیری شده بود.



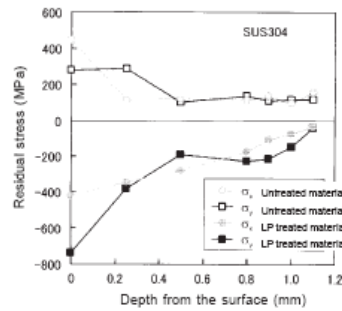
شکل ۳- بهبود تنش پسماند در ایجاد محدوده های ایجاد جوش Inconel ۱۳۲



شکل ۴- بهبود تنش پسماند در ایجاد محدوده های ایجاد جوش Inconel ۱۸۲



شکل ۵- نمای بیرونی اتصال جوش



شکل ۶- بهبود تنش پسماند در محدوده های تحت تأثیر حرارت (SUS304)

شکل ۶ و ۷ نتایج مربوط به تنش پسماند اندازه گیری شده در محدوده های تحت تأثیر حرارت جوش SUS304 و Inconel 600 را نشان می دهند. در هر دو حالت تنش پسماند فشاری توسط کوبکاری لیزری برای عمق بیش از 1mm، شکل گرفته بود. علاوه بر این تنش پسماند فشاری بیش از 1mm نیز در فلز جوش Inconel 182 شناسایی شده بود، این نشانه وجود داشت که در حالت مربوط به قطعه آزمایشی یک تنش پسماند کششی بزرگ به عنوان یک تنش اولیه همانند تنش در یک اتصال جوشکاری شده عرضه می شود، کوبکاری لیزری مطمئناً باعث بهبود تنش پسماند فشاری می شود.

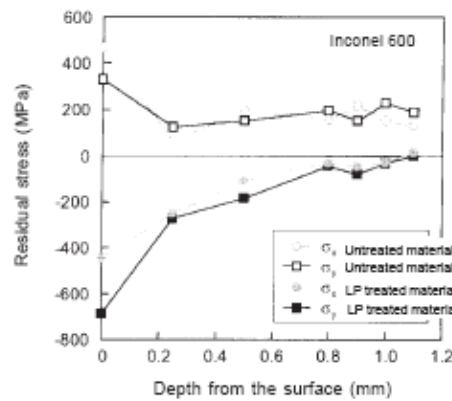
- تست ترک خوردگی تنش (ترک خوردگی حاصل از خوردگی تنش):

یک تست شتاب گیری ترک خوردگی حاصل از خوردگی تنشی برای اثبات حالت پیشگیرانه ترک خوردگی حاصل از خوردگی تنشی حاصل از تنش پسماند شکل گرفته روی سطح ماده توسط کوبکاری لیزری، اجراء شده بود. ماده جوش Inconel 182 و Inconel 600 بودند که تحت عملیات حرارتی در 888⁰k (615⁰c) برای 3/6x10⁴s (10 ساعت) و سپس در 7230k (450⁰c) برای 7/2x10⁵s (200 ساعت) قرار گرفتند. نمونه ها با ابعاد 50mmx10mm با ضخامت 2mm به شکل مستطیل، آماده سازی شدند. سطح نمونه با استفاده از یک گیره ویژه تحت یک کشش 1٪ قرار گرفتند و کوبکاری لیزری انجام شده بود. به منظور شتاب دادن به ترک خوردگی در اثر خوردگی تنشی، شکافهایی روی سطوح نمونه با یک ابزار گرافیتی ایجاد شدند، سپس، نمونه ها در آب با فشار بالا و درجه حرارت بالا قرار داده شدند (درجه حرارت (288⁰c) 561⁰ k، اکسید تجزیه شده، 8PPm میزان رسانایی، 0/1ms/m) که مدت آن 1/8x10⁶s (500 ساعت) بود. پس از آن، نمونه ها در طول خود (جهت طولی) به چند قسمت تقسیم بندی شدند و سطوح مقطع زیر میکروسکوپ مشاهده شدند، وجود ترک خوردگی ارزیابی شدند.

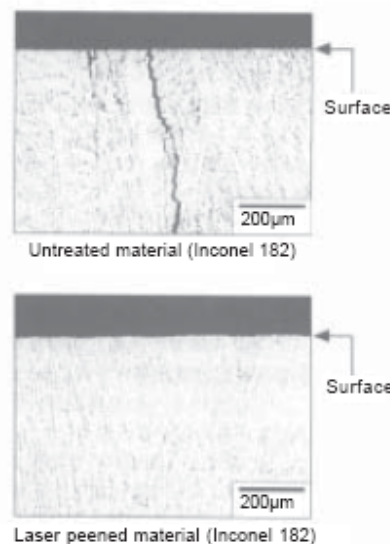
شکل های ۸-۹ ساختار میکروسکوپی سطح مقطع های مربوط به نمونه های تست Inconel 182 و Inconel 600 را نشان می دهند. ترک خوردگی حاصل از خوردگی تنشی که در

امتداد مرز دانه‌ها موادی که تحت عملیاتی قرار نگرفتند (مواد مرجع) رخ دادند، نشانه ای از وجود مواد کوبکاری لیزری وجود نداشت. ترک خوردگی حاصل از تنش به صورت مشابه در همه مواد نمونه که تحت عملیات خاصی از Inconel ۱۸۲ و Inconel ۶۰۰ (هر کدام ۷ نمونه) قرار نگرفته بودند، قابل توجه بودند، به صورت خلاصه اینکه هیچ گونه ترک خوردگی در اثر خوردگی تنشی در مواد کوبکاری شده لیزری مشاهده نشد.

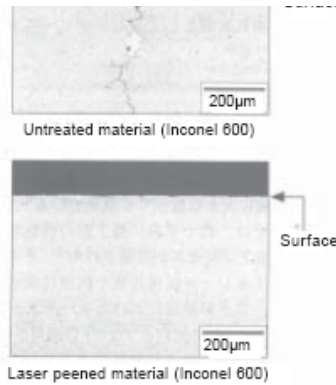
علاوه بر این، تجزیه تأیید کرد که عملیات کوبکاری لیزری باعث محدود شدن انتشار به عمق تقریبی ۱mm در ترکی توخالی، می شود.



شکل ۷- بهبود تنش پسماند در نواحی تحت تأثیر حرارت (HAZ) (Inconel ۶۰۰)



شکل ۸- نتایج تست ترک خوردگی در اثر خوردگی تنشی (Inconel ۱۸۲)



شکل ۹- نتایج تست ترک خوردگی در اثر خوردگی تنش (Inconel ۶۰۰)

- استفاده و کاربرد برای ساختارهای راکتور هسته ای :

حفاظ هسته ای مربوط به BWR (راکتور آب جوش) یک ساختار جوشکاری شده سیلندری فولاد ضد زنگ می باشد. اما یک حالتی وجود داشت که ترک خوردگی در اثر خوردگی تنش در نواحی تحت تأثیر حرارت رخ داد. برای غلبه بر این مشکل ، یک حفاظ جدید نصب می شود و اندازه گیری های نگهداری پیشگیرانه با استفاده از عملیات کوبکاری پیوسته در حال انجام می شد. عملیات کوبکاری لیزری از بروز ترک خوردگی در اثر تنش توسط شکل گیری تنش پسماند فشاری توسط انتشار لیزر در حفاظ HAZ در حین بازدید دوره ای راکتور هسته ای ، جلوگیری می کند و این فرآیند از سال ۱۹۹۹ تاکنون در حال انجام دادن می باشد. علاوه بر این، کوبکاری لیزری برای نواحی جوش در اطراف محل نفوذ مکانیزم محرک میله کنترل مربوط به ظرف فشار در صفحه تحتانی، به کار رفته است. در مقام مقایسه ، برای یک PWR (راکتور آب تحت فشار)، کوبکاری لیزری روی قسمت بیرون لوله برای سیستم اندازه گیری نوترونی بکار می رود که در قسمت تحتانی ظرف (محفظه) راکتور وارد می شود. در ایالات متحده، یک برنامه برای دور ریزهای هسته در تونل های زیرزمینی در کوه yucca در نوادا^۱ در حال انجام دادن می باشد. کاربرد کوبکاری لیزری به عنوان یک شمارنده (اندازه گیر) در برابر ترک خوردگی در اثر تنش در نواحی جوش ظرف، مورد تحقیق قرار گرفته است.

^۱ - Nevada

- مواد پایانی (خلاصه)

ایجاد و گسترش تکنیک های کوبکاری لیزری که حدود ۳۰ سال قبل در ایالات متحده شروع شد در چند سال گذشته با پیشرفت لیزرها در چند سال اخیر، به صورت فزاینده ای در حال گسترش در سراسر جهان می باشد. در مقام مقایسه، در ژاپن، یک فرآیند کاری که نیازی به انجام یک پیش عملیات روی سطح کار نداشت، ۱۰ سال قبل پایه گذاری شد. از آن به بعد، کاربردهای عملی مربوط به کوبکاری لیزری برای راکتور هسته ای توسط ایجاد تکنیک های انتقال لیزری و کنترلی که عملکرد از راه دور را عرضه می کند، شروع شده است و کوبکاری لیزری قبل از آن در ۹ شرکت در ژاپن بکار رفته بود.

این مقاله یک برون نمای کلی مربوط به مفید بودن کوبکاری لیزری برای تنش پسماند فلز جوش و ناحیه تحت تأثیر حرارت را بدست می دهد. لطفاً به قسمت های مرجع مطابق با تکنیک های انتقال راه دور برای لیزر پالس قدرت بالا و تکنیک های کانونی اتمیک، مراجع کنید.

بررسی تنش پسماند و عملیات حرارتی پس از جوش در جوشهای چندپاسه با آزمایش ها و روش المان محدود

چکیده

توزیع تنش پسماند پس از جوشکاری و پس از یک عملیات حرارتی پس از جوش کاری به وسیله یک تحلیل جریان گرمایی موقت المان محدود در رابطه با یک تحلیل زوج گرمایی- مکانیکی تعیین شده است. برای بررسی نتایج عددی تنش پسماند، سطح یک جوش لب به لب چند پاسه، به وسیله تکنیک ایجاد سوراخ اندازه گیری شد و با پیش بینی های تحلیل المان محدود مورد مقایسه قرار گرفت. تحلیل عددی برای دو جوش چند پاسه دارای صفحات ضخیم مورد استفاده قرار گرفت که در ساخت کشتی بکار می رفتند. یک اتصال جوش ۱۲ پاس دارای شیار K با صفحه ۵۶mm، و یک اتصال جوش ۹ پاس دارای شیار V با صفحه ۳۲mm، یک تنش پسماند حداکثر ۳۱۶MPa در صفحه ۵۶mm مشاهده شد، اما پس از عملیات حرارتی بعد از جوشکاری به ۳۹MPa کاهش یافت.

۱- مقدمه

جوشکاری ذوبی یک فرآیند اتصالی است که در ساخت کشتی، پل های فولادی، مخازن فشار و غیره مورد استفاده قرار می گیرد. مزیت جوشکاری به عنوان یک فرآیند اتصال دهنده، عبارتست از کارایی زیاد اتصال، برپایی آسان، انعطاف پذیری و هزینه کم تولید می باشد. جوشکاری ذوبی اگرچه دارای بسیاری ویژگی های صنعت است اما می تواند خواص مواد را تغییر داده و باعث خمش (انحراف)، انقباض و یا تنش پسماند در اتصال شود. یک عملیات حرارتی پس از جوش بطور گسترده برای کاهش تنش پسماند ناشی از جوشکاری توصیه می شود.

تنش های حرارتی در طول جوشکاری در اثر توزیع دمای غیر همگون در اطراف اتصال به وجود می آید. با افزایش دمای فلز پایه، قدرت حاصله کاهش و تنش گرمایی افزایش می یابد. این امر کاملاً مشخص شده که تنش های پسماند تأثیر زیادی بر تغییر شکل جوش، استحکام خستگی، تافنس شکست و استحکام پیچش دارد. بنابراین، ارزیابی و درک تنش های پسماند ناشی از جوشکاری مهم است.

روش های زیادی برای ارزیابی توزیع تنش پسماند وجود دارد. روش های آزمایشی شامل پراش اشعه X، تحلیل فرا صوتی، ایجاد سوراخ و برش است. روش های عددی که تحلیل های مفصل از تنش های پسماند ناشی از جوشکاری را ارائه می دهد. در طول سه دهه گذشته به علت پیشرفت رایانه ها و تکنیک های عددی گسترش قابل توجهی یافته است. در میان این گسترش ها

(کار هیبت و مارکال)^۱ وجود دارد که مدل های گرمایی- مکانیکی عددی را با استفاده از روش المان محدود ارائه نمود. (روللنز و همکاران)^۲ نتایج آزمایشی را که به وسیله تفرق اشعه X با یک تحلیل عددی برای تنش های پسماند تعیین شده بود را مورد مقایسه قرار دادند. (جانسون و همکاران)^۳ یک مدل عددی را برای جوشکاری چند پاسه و یک دیتا بیس ماده را برای تافنس مونتاژهای جوش لب به لب بکار رفته در ساختارهای سنگین ارائه نموده است. تأثیر تنش پسماند بر استحکام خستگی در یک پنجه جوش برای اتصال جوش نواری (نبشی) چند پاسه به وسیله (موشیزوکی و همکاران)^۴ مورد بررسی قرار گرفته است و تغییرات توالی فرآیند جوشکاری تنش های پسماند در اتصالات جوش آنها را کنترل می کنند.

برای بررسی حاضر، تنش های پسماند بعد از جوشکاری پس از یک عملیات حرارتی پس از جوش به وسیله روش المان محدود، تعیین گردید. یک تحلیل زوج گرمایی- مکانیکی دو بعدی با برنامه نرم افزار تجاری ANSYS اجرا گردید. جریان گرما به وسیله یک تحلیل گذاری غیرخطی مورد ارزیابی قرار گرفته بود. نتایج تحلیل عددی برای تنش های پسماند در جوش لب به لب چند پاسه از طریق اندازه گیری های تجربی تنش پسماند سطح با استفاده از روش ایجاد سوراخ مشخص گردید.

۲- تحلیل تنش پسماند

۲-۱- فرآیند تحلیل

بطور کلی، جوشکاری یک اتصال عمل بسیار پیچیده ای است و مدل سازی کل فرآیند مشکل است. در مطالعه حاضر، از یک تحلیل دو بعدی به منظور ساده کردن این مدل و در عین حال حفظ شاخصه ها و ویژگی های اصلی فرآیند استفاده شد. برای تحلیل مناسب تنش های پسماند و تغییر شکل پسماند به وسیله روش المان محدود، هم تحلیل جریان گرمایی و هم تحلیل زوجی گرمایی- مکانیکی مورد نیاز است. مدل جریان گرمایی توزیع دما در هر مرحله زمانی را محاسبه می کرد و تنش پسماند به وسیله تحلیل زوجی گرمایی- مکانیکی تعیین می گردید.

برای تحلیل جریان گرمایی از عنصر Plane ۴۲ استفاده شد. در طول تحلیل جریان گرمایی، از مهره دانه های جوش رسوب شده استفاده شد اما زنجیر جوش برای پاس های بعدی حذف گردیدند.

1- Hibitt – Marcal
2- Rolelns
3- Janosch
4- Mochizuki

در تحلیل زوجی گرمایی- مکانیکی مهره دانه های مناسب جوش برای هر پالس با روش تولد و مرگ ایجاد شده بودند خواص ماده SM ۴۰۰B (A۱۳۱Gr.۵۰) که در این مدل بکار رفته، در جدول ۱ نشان داده شده است. تنش حاصله در دمای اتاق از اندازه گیریهای آزمایشی بدست آمده بود و برای دیگر خواص به مرجع [۷] مراجعه شد. استحکام تسلیم و مدل های یانگ مربوط به پایه و فلز جوش تابع درجه حرارت هستند و تغییرات درجه حرارت این خواص در تحلیل عددی با ورودی جدول لحاظ شده بود.

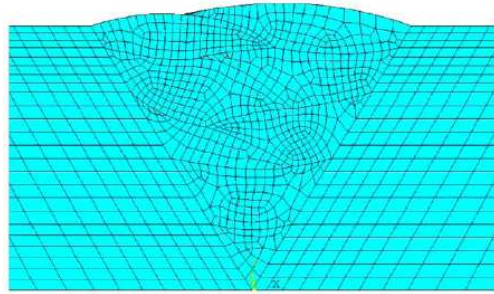
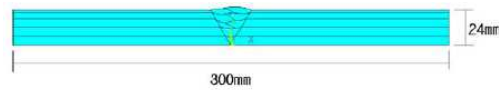
جدول ۱- خواص مکانیکی مربوط به SM ۴۰۰B

	Temperature (°C)					
	30	400	500	600	800	1000
Yield stress (MPa)						
Tensile	500	210	98.07	49.03	41.32	28.42
Tens	394.2	143.3	98.07	49.03	41.32	28.42
Young's modulus (GPa)	210.8	194.4	184.8	117.3	96.1	88.8
Poisson's ratio			0.3			
Expansion (in/in K)				1.24-5		
Conductivity (W/mK)				41		
Specific heat (J/kg)				469		
Density (kg/m ³)				7850		
Convection (w/m ² °C)				100		

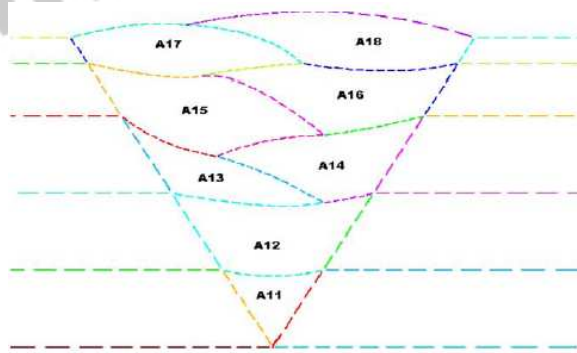
۱-۲- تحلیل یک اتصال جوش لب به لب :

برای تولید لایه های زنجیر جوش در یک اتصال جوش لب به لب از پاس های چندگانه استفاده شد. تحلیل عددی جهت بازتاب فرآیند جوش لب به لب دارای مراحل حرارت ورودی چندگانه بود.

شکل ۱ هندسه اتصال جوش لب به لب و شبکه المان محدود را نشان می دهد. شکل ۲ توالی فرآیند جوشکاری ۱۰ پالس را نشان می دهد. دانه های (زنجیرهای) جوش در مراحل A۱۱ تا A۱۸ به ترتیب رسوب کردند.

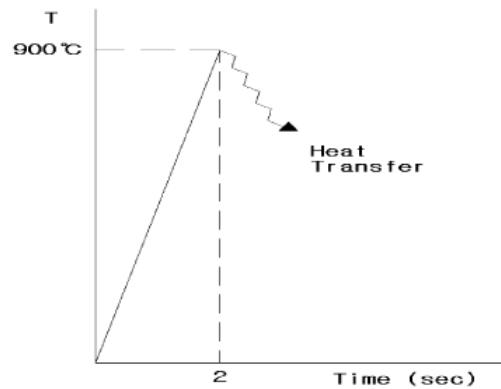


شکل ۱- ابعاد و شبکه مربوط به جوش لب به لب



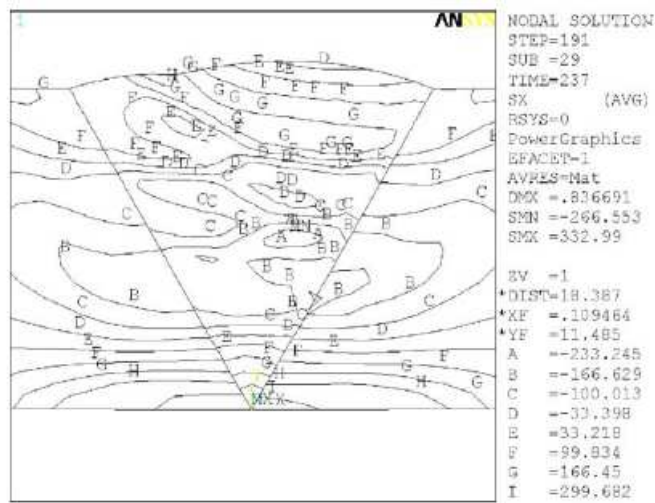
شکل ۲- توالی جوشکاری برای جوش لب به لب

فرآیند جوش ۱۰ پاس برای کل زمان جوشکاری شبیه سازی شده است. شکل ۳ ورودی دمای تحلیلی در طول هر پاس را نشان می دهد. دمای پیش گرم 120°C و دمای اطراف دمای 25°C اتاق بود. تحلیل جریان گرمایی غیرخطی برای ۱۹۰ مورد پس از حذف منبع دما انجام شد. از شرایط مکانیکی برای جلوگیری از حرکت سخت بدنه صفحه پایه استفاده شد.



شکل ۳- ورودی درجه حرارت برای هر بستر

شکل ۴ توزیع تنش های پسماند محاسبه شده به وسیله تحلیل غیرخطی گرمایی الاستیک- پلاستیک بعد از سرد شدن جوش را نشان می دهد. مقادیر ماکزیمم و مینیمم تنش پسماند به ترتیب ۳۳۳ و -266MPa است.

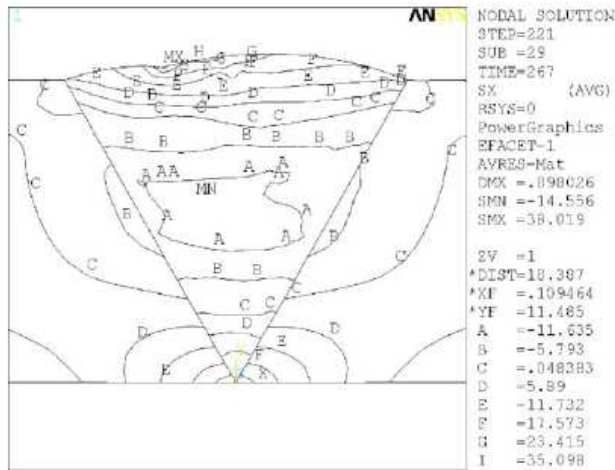


شکل ۴- توزیع تنش پسماند در جوش لب به لب (قبل از عملیات حرارتی جوش)

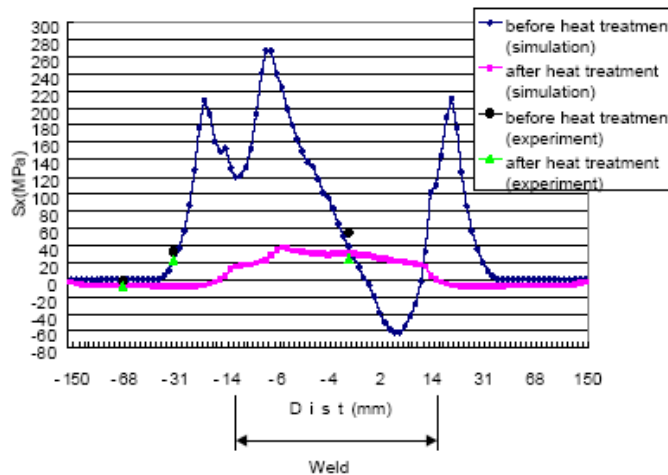
از یک عملیات حرارتی، پس از جوش کاری برای جوش دادن استفاده می شود. دما بصورت خطی تا 600°C در طول 1000 ثانیه اول افزایش یافته و سپس تا دمای اتاق در 2600 ثانیه پایانی سرد شد. شکل ۵ توزیع تنش پسماند را پس از عملیات حرارتی بعد از جوش نشان می دهد.

شکل ۶ نتایج شبیه سازی برای تنش های سطح پسماند را با داده های تجربی در موقعیت های مختلف مقایسه می کند. از روی شبیه سازی می توان دریافت که تنش پسماند سطح پیش از عملیات حرارتی از -60 تا 270MPa متغیر است. بعد از عملیات حرارتی پس از جوش، تنش پسماند سطح تا

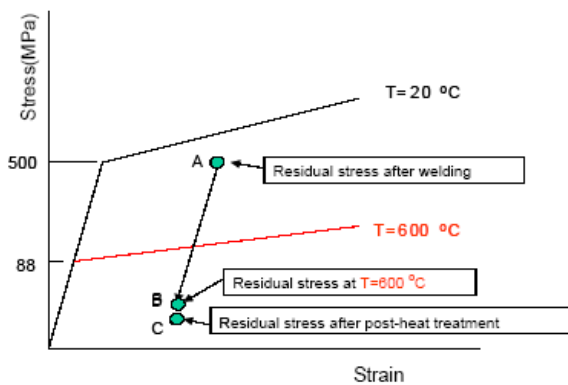
یک ماکزیمم ۳۸MPa کاهش می یابد که ۱۴٪ از مقدار بیش از عملیات حرارتی است. نتایج شبیه سازی کاملاً، با مقادیر اندازه گیری شده به صورت تجربی مطابقت دارد.



شکل ۵- توزیع تنش پسماند در جوش لب به لب (پس از عملیات حرارتی جوش)



شکل ۶- مقایسه تنش های پسماند تجربی و شبیه سازی شده



شکل ۷- شماتیک مربوط به مکانیسم برای کاهش تنش پسماند

۲-۲- مکانیسم تنش زایی تنش پسماند :

بعد از جوشکاری و سرد کردن تا دمای اتاق یک تنش پسماند بالا در جوش وجود دارد که تصور می رود در نقطه A شکل ۷ باشد. اگر نمونه پس از عملیات حرارتی باشد، دما بالا می رود. با افزایش دما، استحکام حاصله بطور قابل توجهی کاهش یافته و فشار پسماند تا نقطه B پایین می آید. اگر دما برای یک دوره زمانی ثابت بماند و جوش بتدریج سرد شود حالت تنش تغییر قابل توجهی نکرده و به نقطه C می رسد که نزدیک نقطه B است.

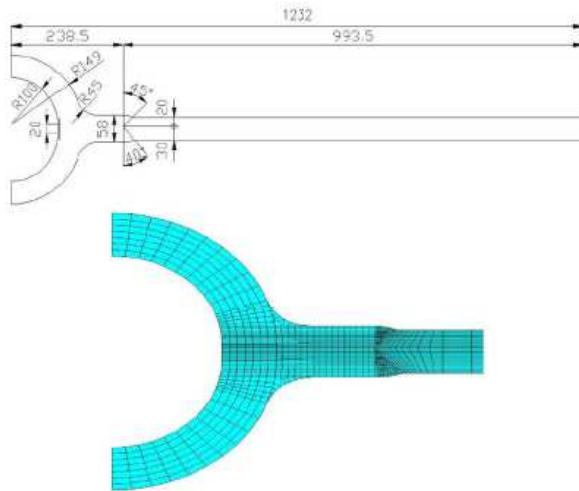
۳- کاربرد در جوشکاری صفحات ضخیم :

برای کسب موفقیت در شبیه سازی لب به لب از یک شیوه مدل سازی مشابه برای بررسی تنش های پسماند جوشکاری در صفحات ضخیم قطعات بکار رفته در ساخت کشتی استفاده شد. خواص مواد مشابه تحلیل جوش لب به لب هستند (یعنی خواص SM۴۰۰B در جدول ۱)

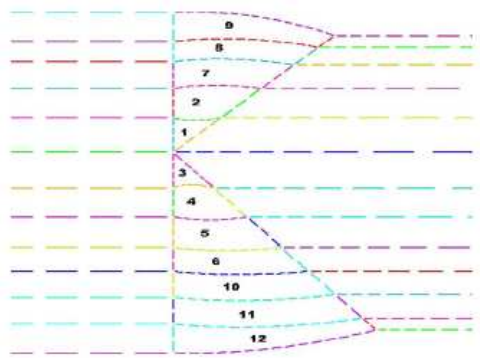
۳-۱- اتصال جوش لعاب نوع K

شکل ۸ هندسه و شبکه اتصال جوش لب به لب نوع K را نشان می دهد. شکل ۹ توالی دانه ۱۲- پاس را نشان می دهد. ترتیب دانه ها به صورت A_1 و A_2 است که در ابتدا در بالا جوشکاری شده اند و سپس A_3 تا A_7 در سمت پایین. و بالاخره دانه های A_7 تا A_{12} به ترتیب توالی، جوشکاری شده اند. دمای پیش گرم اش 120°C و دمای ورودی برای هر دانه جدید برابر 900°C با

گرمای ۲S است. زمان تحلیل جریان گرمایی برای هر دانه برابر با طول کلی اتصال (۲۹۰۰mm) تقسیم بر سرعت جوشکاری (۲۰cm/min) است.



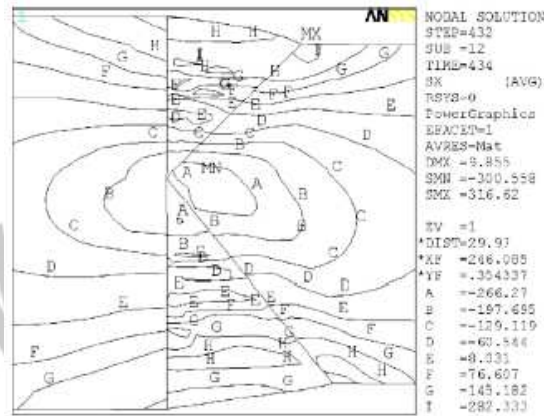
شکل ۸- ابعاد و شبکه برای مدل K-groove



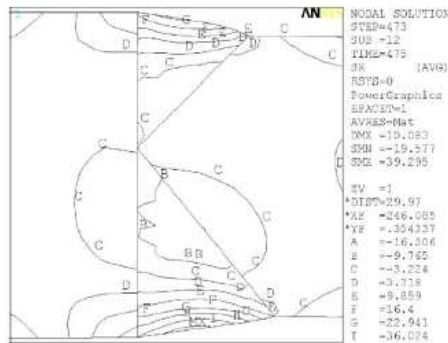
شکل ۹- توالی جوشکاری برای مدل K-groove

شکل ۱۰ تنش های پسماند را در دمای اتاق و پس از جوشکاری نشان می دهد. تنش های پسماند پیش از عملیات حرارتی گستره ای از یک حداکثر ۳۱۶MPa تا یک حداقل ۳۰۰MPa در جوش دارند. در سطح یک ماکزیمم ۳۱۶MPa تا یک مینیمم ۱۴۵MPa از پسماند مشاهده می شود.

شکل ۱۱ تنش های پسماند پس از عملیات حرارتی و حداکثر مقدار روی سطح 39MPa را نشان می دهد. عملیات حرارتی پس از جوشکاری حداکثر تنش پسماند روی سطح را تا 12% مقدار موجود بلافاصله پس از جوشکاری کاهش می دهد.



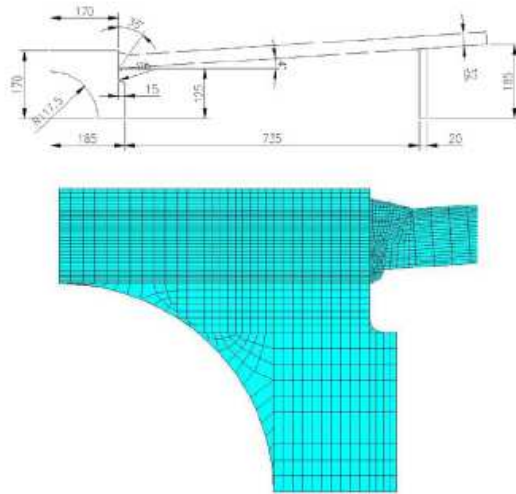
شکل ۱۰- توزیع تنش پسماند برای مدل K-groove (قبل از عملیات حرارتی جوش)



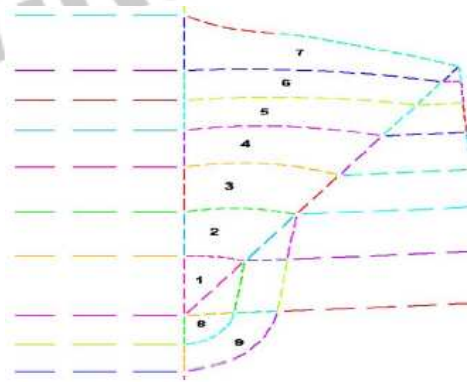
شکل ۱۱- توزیع تنش پسماند برای مدل K-groove (بعد از عملیات حرارتی جوش)

۲-۳- اتصال جوش لب به لب نوع V :

شکل ۱۲ هندسه و شبکه اتصال جوش نوع V را برای قطعه دیگر بکار رفته در ساخت کشتی نشان می دهد. شکل ۱۳ توالی دانه ۹- پاس را نشان می دهد. توالی دانه ای ابتدا از A_1 تا A_7 و سپس از A_8 تا A_9 است که در سمت پایین می باشند. زمان لازم برای تحلیل انتقال گرمایی برای هر (طناب) دانه برابر است با طول کل اتصال (2000mm) تقسیم بر سرعت جوشکاری (20cm/min).

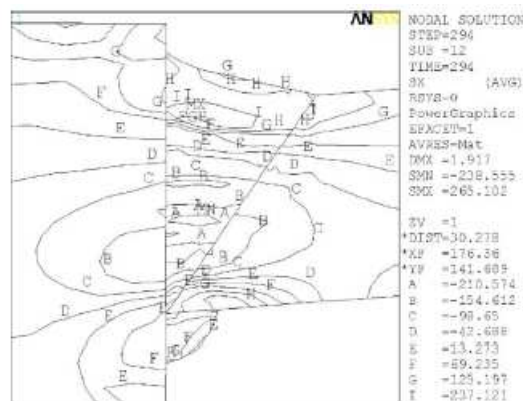


شکل ۱۲- ابعاد و شبکه برای مدل V-groove



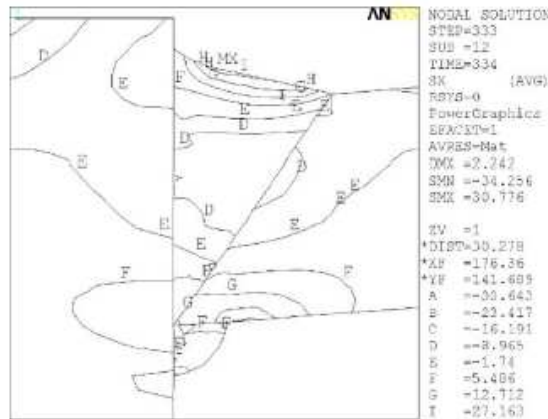
شکل ۱۳- توالی جوشکاری برای مدل V-groove

شکل ۱۴ تنش های پسماند را پس از جوشکاری اما قبل از عملیات حرارتی نشان می دهد که گستره ای بین ۲۳۹- تا ۲۶۵MPa در جوش و ۹۷ تا ۲۰۹MPa در سطح دارند.



شکل ۱۴- توزیع تنش برای مدل V-groove (قبل از عملیات حرارتی جوش)

همانگونه که در شکل ۱۵ نشان داده شده است عملیات حرارتی پس از جوش، تنش های پسماند را تا بین $34/2$ - و $30/7$ MPa در جوش و بین $1/7$ - تا $30/7$ MPa در سطح کاهش می دهد. حداکثر تنش پسماند تا 15% پیش از عملیات حرارتی کاهش یافته است.



شکل ۱۵- توزیع تنش پسماند برای مدل V-groove (قبل از عملیات حرارتی جوش)

۴- نتیجه گیری :

یک تحلیل عددی برای یک فرآیند جوشکاری چند پاسه صفحات ضخیم برای درک توزیع تنش پسماند و ارزیابی تأثیر عملیات حرارتی انجام شد. تنش پسماند با استفاده از تحلیل المان محدود دو بعدی گرمایی الاستیک- پلاستیک محاسبه شده بود. جریان گرمایی موقت غیرخطی با نرم افزار تجاری ANSYS انجام شد. اندازه گیری های تجربی برای تنش های پسماند یک اتصال جوش لب به لب با استفاده از روش سوراخ کردن انجام شد. داده های تجربی با نتایج مدل عددی یکسان بود. حداکثر تنش پسماند برای اتصالات جوش نوع K و نوع V به ترتیب برابر 316 و 265 MPa بود (پیش از عملیات حرارتی). بعد از عملیات حرارتی به آنها $39/3$ و $30/7$ MPa تولید شدند که کاهش تنش تا کمتر از 15% مقدار پیش از عملیات حرارتی است.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۵۱۱ تماس حاصل نمایید

Filename: Document1
Directory:
Template: C:\Documents and Settings\hadi tahaghoghi\Application
Data\Microsoft\Templates\Normal.dotm
Title: طی چند دهه گذشته تنش های پسماند در ظروف فشار دارد کاربردهای ساختمانی و
خطوط انتقال گاز و نفت و در ساختار و قطعات فلزی و
Subject:
Author: d
Keywords:
Comments:
Creation Date: 4/15/2012 11:37:00 AM
Change Number: 1
Last Saved On:
Last Saved By: H.H
Total Editing Time: 0 Minutes
Last Printed On: 4/15/2012 11:37:00 AM
As of Last Complete Printing
Number of Pages: 45
Number of Words: 7,877 (approx.)
Number of Characters: 44,901 (approx.)