بسم الله الرحمن الرحيم

١٠٨٧٧٥

۸۷/۱/۱۰۹۶۴۷
۱۷-۱۲-۳۴

دانشگاه ارومیه

دانشکده فنی

گروه مهندسی مکانیک

پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی مکانیک – ساخت و تولید

تحلیل تاثیر تنشهای پسماند ناشی از جوشکاری در خوردگی قطعات فولادی ST-52 در محیط خورنده آب شور با استفاده از روش تاگوچی

۱۳۸۷ /۱۲/ ۲۱

محمد باقر خشکه باری خدایاری

استاد راهنما:

دکتر علی دنیوی

بهار ۱۳۸۷

۱۰۸۷۷۰

پایان نامه آقای محمدباقر خشکه‌باری خدایاری به تاریخ ۸۷/۳/۲۵ شماره ۲۷۷۲-۱۵ موردپذیرش

هیات محترم داوران با رتبه عالی و نمره ۱۸٫۲۵ هجده و بیست و پنج صدم قرار گرفت.

۱- استاد راهنما و رئیس هیئت داوران: دکتر علی دنیوی

۲- استاد مشاور: _____

۳- داور خارجی: دکتر مهدی پسته‌ای

٤- داور داخلی: دکتر قادر رضازاده

۱۳۸۷/۱۲/۲۱

حق طبع و نشر مطالب این پایان نامه
در انحصار دانشگاه ارومیه می باشد

تقدیم

به

مادر مهربان

و

پدر عزیزم

بیاد استاد

گرانقدر

مرحوم

دکتر مهدی ثابت

تقدیر و تشکر

در پایان این دوره تحصیلی از تمامی اساتید محترم گروه مکانیک جناب آقایان دکتر دنیوی، دکتر رضازاده، دکتر سلیمانپور و همچنین دکتر پسته ای و مرحوم دکتر ثابت که اینجانب را در رسیدن به این مرحله از دوره تحصیلی یاری نموده اند کمال تقدیر و تشکر را دارم. و از تمامی دوستان عزیزم که مرا در تهیه و در طول انجام این طرح یاری نموده‌اند کمال قدردانی را دارم.

فهرست مطالب

فهرست مطالب I

فهرست اشکال VI

فهرست جداول IX

چکیده XI

فصل اول : مبانی نظری جوشکاری ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- محاسن و معایب اتصالات جوشی ۲

۱-۳- وضعیتهای جوشکاری ۳

۱-٤- جوشکاری با گاز (شعله) ۵

۱-۵- جوشکاری قوس الکتریکی دستی ۵

۱-۵-۱- طبقه بندی الکترود ها ۷

۱-۵-۱-۱- الکترودهای قلیایی ۸

۱-۵-۱-۲- الکترودهای رتیلی ۸

۱-۵-۱-۳- الکترودهای اسیدی ۸

۱-۵-۱-٤- الکترودهای پر نفوذ ۸

۱-۵-۱-۵- الکترودهای با جایگزین زیاد ۹

۱-۵-۲- قطبی الکترود ۹

۱-٦- جوشکاری زیر پودری ۱۰

۱-۷- جوشکاری با محافظت گاز ۱۲

۱-۸- جوشکاری الکترود تنگستن با گاز محافظ خنثی ۱۵

۱-۹- جوشکاری پلاسما ۱۷

۱-۱۰- جوشکاری سرباره الکتریکی ۱۸

۱-۱۱- فرآیند جوشکاری زائده ای ۲۰

۱-۱۲- فرآیند جوشکاری مقاومتی ۲۰

۱-۱۲-۱- فرآیند جوشکاری مقاومتی نقطه ای ۲۱

۱-۱۲-۲- جوشکاری مقاومتی "غلتکی" یا نواری ۲۱

۱-۱۳- طبقه بندی فولادهای جوشی ۲۲

۱-۱۳-۱- فولادهای کربنی ۲۲

۱-۱۳-۲- فولادهای کربن- منگنزی ۲۲
۱-۱۳-۳- فولادهای ریز دانه ۲۲
۱-۱۳-٤- فولادهای کم آلیاژی ۲۳
۱-۱۳-٥- فولادهای آلیاژی ۲۳
۱-۱٤- مشخصات روش جوشکاری ۲٤
۱-۱٤-۱- مشخصات سربرگ فرم WPS ۲٤
۱-۱٤-۲- طرح اتصال ۲٥
۱-۱٤-۲-۱- طرح شیاریا پخ ۲٥
۱-۱٤-۲-۲- پشت بند ۲٥
۱-۱٤-۲-۳- جنس مواد پشت بند ۲٦
۱-۱٤-۳- فلزات پایه ۲۷
۱-۱٤-۳-۱- عدد مشخصهٔ P ۲۷
۱-۱٤-٤- فلزات پر کننده ۲۸
۱-۱٤-٤-۱- عدد مشخصهٔ F ۲۸
۱-۱٤-٤-۲- اندازه فلز پر کننده ۲۸
۱-۱٤-٥- وضعیت جوشکاری ۲۹
۱-۱٤-٥-۱- وضعیت شیاری یا گلویی ۲۹
۱-۱٤-٥-۲- جهت پیشروی ۳۰
۱-۱٤-٦- پیشگرم ۳۰
۱-۱٤-۷- مشخصات الکتریکی ۳۱
۱-۱٤-۷-۱- نوع جریان ۳۱
۱-۱٤-۷-۲- قطبیت ۳۱
۱-۱٤-۷-۳- شدت جریان ۳۱
۱-۱٤-۷-٤- ولتاژ ۳۱
۱-۱٤-۸- تکنیک و روش کار ۳۲
۱-۱٤-۸-۱- جوش تک پاسه یا چند پاسه در هر طرف ۳۲
۱-۱٤-۸-۲- سرعت حرکت ۳۲
۱-۱٤-۸-۳- چکش کاری ۳۲

فصل دوم : مبانی نظری تنش های پسماند ۳۳

۲-۱- مقدمه ۳۳
۲-۲- علل تنش های پسماند ۳٥
۲-۲-۱- تنشهای پسماند میکروسکوپیک و ماکروسکوپیک ۳٥

۲-۲-۲- تنش های حرارتی و تنش های پسماند ناشی از آنها ۳۶
۲-۳- تاثیر تنش های پسماند ۳۸
۲-۳-۱- استحکام خستگی ۳۸
۲-۳-۲- اثرات محیط ۳۸
۲-٤- اندازه گیری تنش های پسماند در اتصالات جوشکاری ۳۹
۲-٤-۱- طبقه بندی تکنیک ها برای اندازه گیری تنش های پسماند ۳۹
۲-٤-۱-۱- اندازه گیری با استفاده از تکنیک های کاهش تنش ٤۰
۲-۵- تاثیر اندازه های نمونه بر روی تنش های پسماند ٤٤
۲-٦- تنش های پسماند در اتصالات جوش سنگین ٤۵
فصل سوم : مبانی نظری خوردگی و روشهای جلوگیری از خوردگی ٤٦
۳-۱- مقدمه ٤٦
۳-۲- تعریف خوردگی ٤۷
۳-۳- خوردگی به صورت واکنش‌های الکتروشیمیایی ٤۸
۳-٤- خوردگی آهن ٤۹
۳-۵- انواع خوردگی ۵۰
۳-۵-۱- خوردگی یکنواخت ۵۰
۳-۵-۲- خوردگی گالوانیکی یا دو فلزی ۵۱
۳-۵-۲-۱- فاکتورهای موثر در خوردگی گالوانیکی ۵٤
۳-۵-۳- خوردگی شیاری ۵٤
۳-۵-٤- خوردگی حفره‌ای ۵۵
۳-۵-۵- خوردگی بین دانه‌ای ۵٦
۳-۵-٦- خوردگی سایشی ۵۷
۳-۵-۷- خوردگی گزینشی ۵۸
۳-۵-۸- خوردگی توام با تنش ۵۸
۳-۵-۹- خوردگی در اثر هیدروژن ۵۹
۳-۵-۱۰- خوردگی حبابی ٦۰
۳-۵-۱۱- خوردگی موضعی توسط اختلاف دمش هوا ٦۱
۳-٦- خوردگی در آب دریا ٦۲
۳-٦-۱- تاثیر شوری در خوردگی ٦۲
۳-٦-۲- تاثیر دما بر خوردگی ٦۳
۳-٦-۳- تاثیر اکسیژن محلول بر خوردگی ٦۳
۳-٦-٤- تاثیر PH ٦٤
۳-٦-۵- ترکیب فلز ٦۵

۳-٦-٦- باکتریها و موجود زنده ٦٦
۳-۷- روشهای جلوگیری از خوردگی ٦٦
۳-۷-۱- جلوگیری از خوردگی با انتخاب مناسب فلز و آلیاژها ٦٦
۳-۷-۲- جلوگیری از خوردگی با پیش بینی طراحی‌های مناسب برای قطعات ٦۷
۳-۷-۲-۱- نقطه نظرهای اساسی ، از لحاظ پیشگیری خوردگی ، در طراحی‌ها ٦۷
۳-۷-۳- حفاظت فلزات، با اصلاح محیط خورنده ۷۰
۳-۷-۳-۱- برداشت عوامل خورنده از محیط ۷۰
۳-۷-۳-۲- فزایش مواد بازدارنده ۷۰
۳-۷-٤- جلوگیری از خوردگی به روش پوشش دهی به سطح ۷۰
۳-۷-٤-۱- آماده سازی سطح قبل از اجرای پوشش دهی ۷۰
۳-۷-٤-۲- پوشش‌های فلزی و انواع آن ۷۲
۳-۷-٤-۳- انواع پوشش‌های غیر فلزی ۷۳
۳-۷-۵- حفاظت فلزات با تغییر مقدار پتانسیل " فلز ـ محیط خورنده " ۷٦
۳-۷-۵-۱- حفاظت کاتدی ۷٦
۳-۷-۵-۲- حفاظت آندی ۷٦
۳-۷-۵-۳- مقایسه سیستم های حفاظت کاتدی و آندی ۷٦

فصل چهارم : مبانی طراحی آزمایش و روش تاکوچی ۷۸

٤-۱- اصول طراحی آزمایش ۷۸
٤-۱-۱- مقدمه ۷۸
٤-۲- تجزیه و تحلیل واریانس ۷۹
٤-۳- تجزیه و تحلیل باقیمانده ۸٤
٤-٤- آزمون فرض P-Value ۸۵
٤-۵- آزمایشهای عاملی ۸۵
٤-۵-۱- تجزیه و تحلیل آماری ۸۵
٤-۵-۲- تجزیه و تحلیل باقیمانده ها ۸۹
٤-٦- آنالیز واریانس (ANOVA) ۸۹
٤-۷- مبانی نظری تاگوچی ۹۰
٤-۷-۱- تابع زیان ۹۱
٤-۷-۲- کنترل کیفیت خارج از خط ۹۵
٤-۷-۳- آرایه های متعامد ۹۸
٤-۷-۳-۱- تعریف آرایه های متعامد ۹۸
٤-۷-۳-۲- خواص مهم آرایه های متعامد ۱۰۰
٤-۷-٤- گراف های خطی ۱۰۰

٤-٧-٥- نسبت‌های سیگنال به اغتشاش ١٠١
٤-٧-٦- روش طراحی مقاوم ١٠٢
٤-٧-٧- رویکرد طراحی پارامتری تاگوچی ١٠٣
فصل پنجم : مدلسازی و تجزیه و تحلیل آن ١٠٦
٥-١- مقدمه ١٠٦
٥-٢- مشخصات نمونه های مورد آزمایش ١٠٦
٥-٣- روش کاهش وزن ١٠٧
٥-٣-١- آماده سازی نمونه‌ها ١٠٧
٥-٣-٢- تمیزکاری سطوح نمونه‌ها ١٠٧
٥-٣-٣- زمان آزمایش ١٠٨
٥-٣-٤- توزین نمونه‌ها ١٠٨
٥-٣-٥- نصب نمونه‌ها بصورت آویز ١٠٨
٥-٣-٦- استقرار نمونه‌ها در محیط طبیعی آب دریاچه ١٠٨
٥-٣-٧- تمیز کردن نمونه‌ها از محصولات خوردگی ١٠٩
٥-٣-٨- اندازه‌گیری و ثبت اطلاعات ١٠٩
٥-٤- جوشکاری قطعات نمونه ١٠٩
٥-٥- متدولوژی طراحی آزمایشها ١٢٣
٥-٥-١-آزمایشات تجربی ١٢٣
٥-٥-٢-فرآیند مدل با استفاده از روش تاکوچی ١٢٣
٥-٥-٢-١- پارامترهای انتخابی و سطوح استفاده شده برای آرایه اورتوگونال ١٢٤
٥-٥-٢-٢- تجزیه و تحلیل ANOVA ١٢٧
٥-٥-٢-٣- تجریه و تحلیل باقیمانده ها ١٢٩
فصل ششم نتیجه گیری و پیشنهادات ١٣١
٦-١- مقدمه ١٣١
٦-٢- بحث و نتیجه گیری ١٣١
٦-٣- پیشنهادات برای پروژه های آتی ١٣٢
منابع ١٣٤

فهرست اشکال

فصل اول : جوشکاری

۱-۱-وضعیتهای جوشکاری ۳
۱-۲- حالتهای جوشکاری ۳
۱-۳- تجهیزات جوشکاری اکسی استیلن ۵
۱-٤- مدار جوشکاری در روش جوشکاری با الکترود دستی ٦
۱-۵- انتقال الکترود مذاب به حوظچه جوش درروش جوشکاری با الکترود دستی ٦
۱-٦- پارامترهای جوشکاری بر ظاهر و عمق جوش در روش قوس الکترود دستی ۱۰
۱-۷- نمای شماتیک از فرآیند جوشکاری زیر پودری ۱۱
۱-۸- نمای شماتیک از فرآیند جوشکاری MIG/MAG ۱۳
۱-۹- نمای شماتیک از تجهیزات فرآیند جوشکاری MIG/MAG ۱٤
۱-۱۰- نمای شماتیک از فرآیند جوشکاری TIG ۱٦
۱-۱۱- نمای شماتیک از تجهیزات فرآیند جوشکاری TIG ۱٦
۱-۱۲- نمای شماتیک از فرآیند جوشکاری پلاسما ۱۸
۱-۱۳- نمای شماتیک از فرآیند جوشکاری سرباره الکتریکی ۱۹
۱-۱٤- نمای شماتیک از فرآیند جوشکاری زائده ای ۲۰
۱-۱۵- نمای شماتیک از فرآیند جوشکاری مقاوتی ۲۱

فصل دوم : تنش های پسماند

۲-۱- تنش های انقباضی در اتصال جوش لب به لب ۳۳
۲-۲- تنش های انقباضی طولی و متقاطع در اتصال T شکل ۳٤
۲-۳- اعوجاج در جوش لب به لب ۳٤
۲-٤- اعوجاج در جوش T شکل ۳۵
۲-۵- تنش های پسماند ماکروسکوپیک در مقیاس های مختلف ۳٦
۲-٦- توزیع دما و تنش ۳۷
۲-۷- الگوی ترک در اتصال لب به لب ساده ۳۹
۲-۸- تکنیک کاهش کامل تنش اعمال شده به یک صفحه ٤۱
۲-۹- ترتیب ستاره ای کرنش سنجها با زاویه ۱۲۰ درجه ٤۳
۲-۱۰- روش سوراخکاری Gunnert ٤٤
۲-۱۱- توزیع تنشهای پسماند طولی و عرضی ٤۵

فصل سوم : خوردگی و روشهای جلوگیری از خوردگی

۳-۱- نمونه‌ای از واکنش الکتروشیمیایی ۴۸
۳-۲- خورده شدن فلز روی در اسید کلریدریک هوادار ۵۰
۳-۳- خوردگی یکنواخت بر روی ستونهای مستقر در دریا ۵۱
۳-۴- خوردگی گالوانیکی ۵۱
۳-۵- خوردگی شیاری ۵۵
۳-۶- خوردگی حفره‌ای ۵۵
۳-۷- خوردگی بین دانه ای ۵۶
۳-۸- خوردگی سایشی را در پروانه یک پمپ ۵۷
۳-۹- خوردگی توام با تنش ۵۸
۳-۱۰- خوردگی هیدروژنی ۶۰
۳-۱۱- خوردگی حبابی در یک پمپ ۶۱
۳-۱۲- نمودار سرعت نسبی خوردگی بر حسب مقدار غلظت NaCl ۶۲
۳-۱۳- تاثیر دما بر میزان خوردگی در محیط‌های بسته (A) و باز (B) ۶۳
۳-۱۴- تاثیر میزان غلظت اکسیژن بر میزان خوردگی ۶۴
۳-۱۵- تاثیر PH بر میزان خوردگی ۶۵
۳-۱۶- تاثیر ناخالصی‌ها بر میزان خوردگی ۶۶
۳-۱۷- نحوه جدا نمودن اتصال فلزات از یکدیگر ۶۸
۳-۱۸- نحویه صحیح اتصال مواد ۶۹
۳-۱۹- جوشهای پیوسته و ممتد ۶۹
۳-۲۰- ایجاد جریان بین نقاط معیوب در سطح فولاد ۷۳

فصل چهارم : مبانی طراحی آزمایش

۴-۱- شکل عمومی یک فرآیند ۷۹
۴-۲- فاصله اطمینان یکطرفه مقدار P-Value ۸۵
۴-۳- یک تابع زیان درجه دو ۹۱
۴-۴- یک نگاه ساده (- - -) و یک نگاه واقع بینانه(----) بر روی کیفیت ۹۲
۴-۵- انواع توابع زیان ۹۳
۴-۶- تابع زیان مربوط به بیشترین مقدار مورد نظر ۹۴
۴-۷- مجموعه ای از گراف های خطی متعلق به آرایه متعامد L8 ۱۰۱

فصل پنجم : روش تحقیق و آزمایش ها

۵-۱- نقشه ماشینکاری قطعات ۱۱۰
۵-۲- نقشه نهویه اتصال قطعات بهم و جوشکاری آنها ۱۱۱

۵-۳- فرآیند روش تاکوچی ۱۲۳
۵-٤- گراف سیگنال به نویز برای میزان خوردگی ۱۲۷
۵-۵- نمودار Box-Cox مربوط به تجزیه و تحلیل ANOVA ۱۲۸
۵-٦- نمودار مربوط به پراکندگی باقیمانده ها ۱۳۰

فهرست جداول

فصل اول : جوشکاری

۱-۱- زمان جوشکاری در وضعیتهای مختلف ۱
۱-۲- مشخصات طرح‌های اتصال ۲۶
۱-۳- کدهای ASME مربوط به P- No. آلیاژهای مختلف ۲۷
۱-٤- علائم اختصاری وضعیت‌های جوشکاری ۳۰

فصل سوم : خوردگی و روشهای جلوگیری از خوردگی

۳-۱- جدول نیروی محرکه الکتریکی ۵۲
۳-۲- جدول گالوانیکی بعضی فلزات و آلیاژها در آب دریا ۵۳
۳-۳- مقایسه سیستم‌های حفاظت کاتدی و آندی ۷۷

فصل چهارم : مبانی طراحی آزمایش

٤-۱- داده های مربوط به یک آزمایش یک عاملی ۸۰
٤-۲- تجزیه و تحلیل واریانس برای یک آزمایش یک عاملی ۸۳
٤-۳- داده های یک طرح عاملی با دو عامل ۸۶
٤-٤- جدول تجزیه و تحلیل واریانس برای یک طرح عاملی با دو عامل، مدل اثرات ثابت ۸۸
٤-۵- سه مرحله توسعه محصول و احتمالات اقدامات متقابل در برابر انواع اغتشاشات ۹۶
٤-۶- یک آرایه متعامد (۲۷،۱۰،۳،۲) ۹۹
٤-۷- مثال هایی از اغتشاش و فاکتورهای کنترل ۱۰٤

فصل پنجم : روش تحقیق و آزمایش ها

۵-۱- WPS مربوط به آمپراژ(۸۰A) و دمای پیشگرم(٤۰°C)و سرعت پیشروی (۹Cm/min ۱۱۲
۵-۲- WPS مربوط به آمپراژ(۸۰A) و دمای پیشگرم(۶۰°C)و سرعت پیشروی (۱۰Cm/min) ۱۱۳
۵-۳ - WPS مربوط به آمپراژ(۸۰A) و دمای پیشگرم(۸۰°C)و سرعت پیشروی (۱۱Cm/min) ۱۱٤
۵-٤ - WPS مربوط به آمپراژ(۱۰۰A) و دمای پیشگرم(۸۰°C)و سرعت پیشروی (۹Cm/min) ۱۱۵
۵-۵ - WPS مربوط به آمپراژ(۱۰۰A) و دمای پیشگرم(٤۰°C)و سرعت پیشروی (۱۰Cm/min) ۱۱۶
۵-۶ - WPS مربوط به آمپراژ(۱۰۰A) و دمای پیشگرم(۶۰°C)و سرعت پیشروی (۱۱Cm/min) ۱۱۷
۵-۷ - WPS مربوط به آمپراژ(۱۲۰A) و دمای پیشگرم(۶۰°C)و سرعت پیشروی (۹Cm/min) ۱۱۸
۵-۸- WPS مربوط به آمپراژ(۱۲۰A) و دمای پیشگرم(۸۰°C)و سرعت پیشروی (۱۰Cm/min) ۱۱۹
۵-۹ - WPS مربوط به آمپراژ(۱۲۰A) و دمای پیشگرم(٤۰°C)و سرعت پیشروی (۱۱Cm/min) ۱۲۰
۵-۱۰- وزن قطعات بعد از گذشت زمان T ۱۲۱

۵-۱۱- نرخ خوردگی بعد از گذشت زمان ۶۰۰۰ ساعت ۱۲۲
۵-۱۲- سطوح انتخابی و کدهای مربوط به طراحی تاکوچی ۱۲۴
۵-۱۳- Layout مربوط به آرایه اورتوگونال L_9 ۱۲۵
۵-۱۴- داده های تجربی مربوط به میزان خوردگی و ضریب S/N مربوطه ۱۲۶
۵-۱۵- جدول پاسخ برای ضریب سیگنال به نویز ۱۲۶
۵-۱۶- جدول آنالیز ANOVA ۱۲۹

چکیده

با احداث پل میانگذر بزرگراه شهید کلانتری ارتباط مرکز دو استان آذربایجانشرقی و آذربایجانغربی از طریق آبراه دریاچه ارومیه بهمدیگر نزدیکتر خواهد شد. دریاچه ارومیه به عنوان شورترین دریاچه جهان بستر سازه‌های فولادی پل میانگذر دریاچه ارومیه می‌باشد. در این طرح قطعات اصلی و همچنین نگهداری پل توسط قطعات فولادی از جنس St-52 خواهد بود. مشاهده پدیده خوردگی در شناورهای موجود در دریاچه ارومیه و ستونهای پل تخریب شده قبلی از یک طرف و همچنین مشاهده خوردگی بیشتر در نواحی جوشکاری شده بعلت تمرکز تنش حرارتی در این سازه‌ها از طرف دیگر باعث طرح موضوع این پایان نامه شد. این تحقیق بر آن است تا تأثیر تنش‌های پسماند حرارتی ناشی از جوشکاری را بر میزان خوردگی پایه‌های فولادی پل میانگذر دریاچه ارومیه بررسی نماید.

عوامل زیادی در ایجاد تنش‌های پسماند موثر هستند در این تحقیق سه عامل عمده آمپر، سرعت جوشکاری و دمای پیش گرم مورد مطالعه قرار گرفته است. دلیل انتخاب این سه عامل بعلت عدم توجه جوشکاران به WPS های ارائه شده و همچنین بعلت اینکه در ساخت این تجهیزات اکثر قطعات بصورت پیمان به پیمانکار داده می‌شوند جهت تسریع در تحویل قطعات معمولاً از آمپر و سرعت جوشکاری و دمای پیش گرم‌های متفاوتی استفاده می‌شود که هر کدام می‌تواند باعث ایجاد تنش‌های پسماند حرارتی ناشی از جوشکاری در قطعه شود.

در این تحقیق با جوشکاری قطعات نمونه تحت شرایط مشخص و قرار دادن این نمونه‌ها در محیط خورنده آب دریاچه ارومیه و انجام آزمایشات اندازه‌گیری کاهش وزن طبق استاندارد ASTM، میزان نرخ خوردگی هریک از قطعات مشخص گردید. سپس با استفاده از روش TDOE تاثیر هر یک از پارامترهای موجود مورد بررسی قرار گرفت. طبق آزمایشات و محاسبات بعمل آمده مشخص گردید که در محیط خورنده آب دریاچه ارومیه انواع خوردگی از قبیل خوردگی یکنواخت، حفره‌ای، بین دانه‌ای، توام با تنش، هیدروژنی و حبابی وجود دارد. همچنین مشخص گردید که تاثیر پارامتر آمپراژ بیشتر از سایر موارد بوده و بعد از آن سرعت جوشکاری مورد اهمیت می‌باشد از نتایج حاصله مشخص می‌شود که دمای پیش گرم تاثیر چندانی در نرخ خوردگی ندارد.

فصل اول

مبانی نظری جوشکاری

۱-۱- مقدمه

در جوشکاری قطعات فلزی عمدتاً از طریق ذوب موضعی بین آنها به کمک مواد مصرفی یا بدون آنها به یکدیگر متصل شده و قطعه واحدی را به وجود می‌آورند. جوشکاری همچنین بعنوان روشی جهت اضافه کردن، پوشش دادن مواد جدید به قطعات مورد استفاده قرار می گیرد.

به طور کلی اتصالات جوشی را میتوان در هر وضعیتی انجام داد ولی جوشکاری در برخی از وضعیتها توام با مشکلاتی بوده و در وضعیت مسطح از انواع دیگر آسانتر بوده و ترجیح داده می‌شود. سایر وضعیتها مستلزم وقت و هزینه بیشتری برای جوشکاری مشابه می باشد جهت مقایسه، زمان جوشکاری برای یک اتصال بر روی ورق ۲۰ میلیمتری در وضعیتهای مختلف در جدول ۱-۱ آورده شده است[۱].

جدول ۱-۱: زمان جوشکاری در وضعیتهای مختلف

وضعیت جوشکاری	فاکتور زمانی
مسطح	۱
افقی	۱/۵
عمودی	۲
زیر سقفی	۳

در مرحله طراحی بایستی سعی شود که اتصالات جوشی حتی المقدور در وضعیت های مسطح یا افقی قرار گیرند. قطعات کار میتوانند بصورتهای مختلفی آماده سازی شده و در کنار هم قرار گرفته و جوشکاری شوند. هدف مهم در جوشکاری، دستیابی به اتصال دو یا چند قطعه بهم و بدون عیب است. اولین ضرورت برای رسیدن به این هدف آماده سازی اجزایی است که باید متصل شوند. آماده سازی را می توان در سه مرحله توضیح داد:

الف) بر طرف کردن کلیه ناخالصی ها و آلودگی ها شامل چربی، کثافات، رنگها، اکسیدها و پوسته های موجود در روی لبه های مورد جوش، که این عمل را به دو روش شیمیایی و مکانیکی انجام می دهند.

ب) "پخ" کردن لبه های جوش، متناسب با ضخامت ورق و شرایط کار. در ورق های نازک در تمام وضعیت ها احتیاج به پخ کردن لبه ها نیست ولی در ورق های متوسط پخ کردن یکطرفه ضروری می باشد در ورق های کلفت و خیلی ضخیم پخ کردن دوطرفه ضروری است.

ج) استقرار اجزا یک سازه یا اسکلت فلزی کنار یکدیگر برای عملیات جوشکاری.

۱-۲- محاسن و معایب اتصالات جوشی

اتصالات جوشی نظیر سایر انواع اتصالات دارای محاسن و معایبی بوده که در موقع طراحی باید مورد توجه قرار گیرند. در مجموع میتوان اذعان داشت که اتصالات جوشی برتری ویژه‌ای نسبت به سایر انواع اتصال دارند. ذیلاً به اهم این نکات اشاره می‌شود[۱].

- در بارگذاری استاتیکی اتصالات جوشی میتوانند از استحکامی در سطح و یا حتی بالاتر از استحکام فلز پایه برخوردار باشند. استحکام اتصالات پرچی و پیچی پایین تر از استحکام فلز پایه می باشد.
- اتصالات جوشی کاملاً بسته یا به اصطلاح آب بندی شده بوده و در نتیجه برای سازه هایی ازقبیل مخازن، کشتیها، زیر دریایی ها و خطوط لوله بسیار مناسب می باشند. ایجاد اتصالات آب بندی شده بوسیله پرچ یا پیچ مشکل می باشد.
- اتصالات جوشی باعث کاهش وزن سازه در مقایسه با انواع دیگر اتصالات می شود. بعنوان مثال، وزن یک کشتی با اتصالات جوشی بین ۲۰-۱۰ درصد از وزن مشابه با اتصالات پرچی کمتر می شود.
- برای اتصال جوشی هیچ محدودیتی از نظر ضخامت قطعه وجود ندارد. اتصالات پرچی را عملاً نمیتوان برای ضخامتهای بالاتر از ۵ سانتی متر بکار برد.
- در طراحی اتصالات جوشی طراح از قدرت انعطاف پذیری بیشتری در رابطه با طراحی قطعه و اتصالات اجزاء در مقایسه با انواع دیگر اتصال (پرچ و پیچ) برخوردار است.
- استفاده از اتصالات جوشی منجر به کوتاه شدن زمان تولید در مقایسه با دیگر انواع اتصالات می شود. سازه-های بزرگ ازقبیل کشتی ها یا اسکله های دریایی را میتوان در واحدهای کوچکتری تولید نموده و بوسیله جوشکاری نهایی نمود. بعنوان نمونه ساخت یک کشتی مدرن ۲۰۰،۰۰ تنی از طریق جوشکاری حدود ۳ ماه و از طریق پرچکاری بیش از یکسال طول می کشد.
- یکی دیگر از مزایای این روش نیاز کمتر به سرمایه ثابت برای وسایل و تجهیزات و همچنین امکان حمل و نقل آنها می باشد. در عین حال ارزش فلز جوش رسوب داده شده در مورد فولادهای معمولی کم کربن تقریباً ۳ برابر ارزش فلز اصلی قطعه کار است. بعضی اتصالات در یک اسکلت پیچیده با روش اتوماتیک یا خود کار بسیار مشکل و یا غیر ممکن است و فرآیند جوشکاری قوس دستی ایده آل برای این منظور است.

از طرف دیگر اتصالات جوشی ممکن است دارای عیوبی از قبیل حباب هوا، ذرات سرباره ناخالصیها و ترک بوده که می توانند خطر ساز باشند. چنانچه شکست تردی (رشد کنترل نشده ترک) در یک سازه جوشی شروع شود میتواند بدون ممانعت از اتصال جوشی گذشته و به دیگر قسمت ها نیز سرایت کند در حالیکه در اتصالات پرچی و پیچی، بواسطه عدم پیوستگی کامل بین اجزای سازه رشد ترک در محل اتصال متوقف خواهد شد.

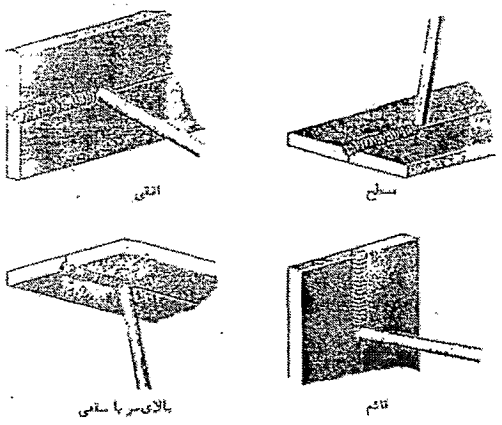
عیوب موجود در اتصالات جوشی را عمدتاً نمیتوان براحتی یافته و نیاز به روش های ویژه نظیر تستهای غیر مخرب می‌باشد. اکثر فولادهای جوشی را میتوان بدون اتخاذ عملیات ویژه در شرایط کارگاهی جوشکاری نمود. لیکن برای برخی از فولادها مثلاً فولادهای استحکام بالا اتخاذ برخی عملیات ویژه نظیر عملیات حرارتی از نوع پیشگرم یا پسگرم ضروری می باشد. در اتصالات جوشی تنش های پسماند جوشی و تغییر شکلهای پلاستیکی بوجود می آید که

میتوانند منجر به خمش عمودی و ترک خوردگی در قطعه کار شده و یا مشکلاتی در رابطه با مونتاژ نهایی قطعات باعث شوند[۱].

۱-۳- وضعیتهای جوشکاری

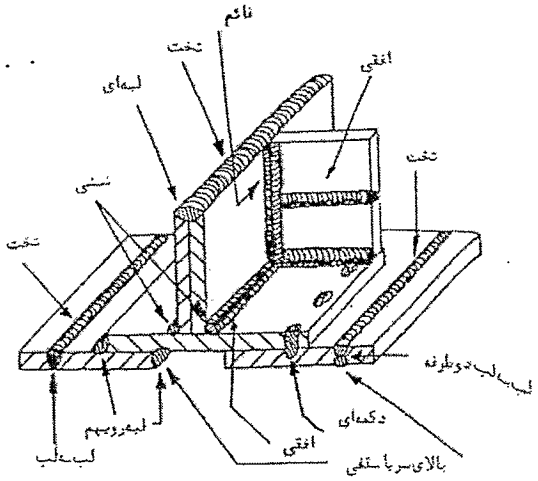
وضعیتهایی که گاهی اوقات برای اتصال دو یا چند قطعه بوجود می‌آید در شکل ۱-۱ نشان داده شده است که شامل موارد ذیل است:

۱) حالت تخت	Flat	(F)
۲) حالت افقی	Horizontal	(H)
۳) حالت عمودی	Vertical	(V)
٤) حالت بالا سری	Over head	(OH)



شکل ۱-۱: وضعیتهای جوشکاری

حالتهایی که دو یا چند جزء برای اتصال در کنار یکدیگر قرار می گیرند در شکل ۱-۲ نشان داده شده و عبارتند از:



شکل ۱-۲: حالتهای جوشکاری