بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه بیرجند

دانشکده مهندسی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک – گرایش طراحی کاربردی

بررسی تاثیر پارامترهای جوشکاری زیرپودری بر سختی و انرژی شکست درز جوش فولاد ترمومکانیکال

دانشجو:

ابوالفضل اسماعیل زاده

استاد راهنما:

دکتر سید حجت هاشمی

«زمستان ۱۳۹۲»

تاییدیه هیات داوران

(مختص پایان‌نامه‌های تحصیلات تکمیلی)

تقدیم به

مقدس‌ترین واژه‌ها در لغت‌نامه زندگی‌ام،

به ساحت مقدس امام عصر(عج) اگر شأن و منزلتی باشد.

به پدرم که عالمانه به من آموخت که چگونه در عرصه زندگی ایستادگی را تجربه کنم.

به مادرم، دریای بیکران فداکاری و عشق که وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر.

به برادرانم، همراهان همیشگی و پشتوانه‌های زندگیم.

تشکر و قدردانی

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت‌های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند.

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجلّ از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی‌شائبه‌ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می‌کند و سلامت امانت‌هایی را که به دستش سپرده‌اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب "من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزّ و جلّ":

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای پرفسور سید حجت هاشمی که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این رساله را بر عهده گرفتند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از شرکت لوله و تجهیزات سدید که در انجام این پژوهش، ما را یاری کردند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از تمام دوستانم در دانشگاه بیرجند که باعث شدند دوران تحصیل من در این دانشگاه به فصلی به یاد ماندنی در دفتر زندگی‌ام تبدیل شود، تشکر می‌نمایم.

نام‌های زیر، مجموعه‌ای قلم نوشته است که هیچ ترتیبی بر آنها نمی‌توان نهاد. اگر نامی در آن نیست حکایت از نبودن یاد نیست و خرده بر قلم می‌رود نه بر کتاب.

از احسان فتحی، ایمان شهرآیینی، علی روحی، محمد کدخدایان و مسعود رخش خورشید نهایت سپاسگزاری را دارم.

و از اساتید فرزانه و دلسوز؛ جناب آقای دکتر احمدی بروغنی و جناب آقای دکتر راغبی که زحمت داوری این رساله را متقبل شدند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

ابوالفضل اسماعیل زاده - زمستان ۱۳۹۲

چکیده

کشور ایران با دارا بودن ۱۸ درصد ذخایر گاز طبیعی جهان در رتبه اول جهانی دارندگان این منبع الهی می‌باشد. پس با توجه به این امر، طراحی امن برای انتقال گاز طبیعی از طریق خطوط لوله فولادی در شرایط کاری متفاوت و اطلاع کامل از خواص این نوع فولادها ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی فرایند جوشکاری این لوله‌ها به عنوان یکی از مهم‌ترین مراحل تولید مورد توجه قرار دارد. جوشکاری زیرپودری یکی از فرایندهای پرکاربرد در اتصال لوله‌های انتقال گاز می‌باشد. در این روش جوشکاری، تنظیم دقیق پارامترهای جوشکاری (سرعت، شدت جریان و ولتاژ) جهت نیل به جوشکاری با کیفیت بالا، از اهمیت زیادی برخوردار است. در تحقیق حاضر تاثیر پارامترهای جوشکاری زیر پودری بر ریزساختار، سختی و انرژی شکست ناحیه جوش فولاد API X65 مورد ارزیابی قرارگرفت. به این منظور ابتدا تعداد ۵۰ ورق فولادی از جنس X65 API که بر روی این ورق‌ها جوشکاری زیر پودری با سرعت، شدت جریان و ولتاژ متفاوت انجام شده بود، آماده سازی شد. سپس ریز ساختار ناحیه جوش فولاد با استفاده از میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفت و آزمون‌های مکانیکی ضربه و سختی در ناحیه جوش فولاد انجام شد. پس از آن، از داده‌های آزمایشگاهی برای توسعه شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد و عملکرد شبکه عصبی توسعه داده شده بوسیله معیارهای آماری ضریب همبستگی و خطای نسبی میانگین ارزیابی شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تغییرات پارامترهای جوشکاری (ایجاد گرمای ورودی متفاوت) تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر ریزساختار، سختی و انرژی شکست دارد به طوری که افزایش گرمای ورودی جوشکاری باعث افزایش اندازه دانه فریت سوزنی، افزایش انرژی شکست و کاهش سختی می‌شود. همچنین، انطباق قابل قبولی بین نتایج شبکه عصبی و نتایج تجربی مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: جوشکاری زیر پودری، ریز ساختار، آزمون سختی، آزمون ضربه شارپی، شبکه‌های عصبی مصنوعی، فولاد API X65.

فهرست مطالب

فهرست علائم و نشانه‌ها (ل)

فهرست جدول‌ها (م)

فهرست شکل‌ها (ن)

۱ فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱. اهمیت انرژی ۱

۱-۲. خطوط انتقال گاز ۲

۱-۳. فولاد های ترمومکانیکال ۴

۱-۴. فولاد APIX65 ۴

۱-۵. جوشکاری زیر پودری ۶

۱-۶. متغیرهای فرایند جوشکاری زیرپودری ۷

۱-۶-۱. شدت جریان جوشکاری ۸

۱-۶-۲. ولتاژ جوشکاری ۹

۱-۶-۳. سرعت جوشکاری ۱۰

۲ فصل دوم: ریز ساختار فولاد ترمومکانیکال ۸

۲-۱. مقدمه ۱۱

۲-۲. فازهای ریز ساختار ۱۱

۲-۳. تغییر فاز ۱۲

۲-۴. فازهای ایجاد شده در فولاد ۱۲

۲-۴-۱. پرلیت ۱۲

۲-۴-۲. بینیت ۱۵

۲-۴-۳. مارتنزیت ۱۶

۳ فصل سوم: آزمون سختی ۱۹

۳-۱. مقدمه ۱۹

۳-۲. تاریخچه آزمون سختی ۲۰

۳-۳. انواع آزمون سختی ۲۰
۳-۳-۱. روش شور ۲۰
۳-۳-۲. روش مقاومت در مقابل خراش دادن ۲۰
۳-۳-۳. روش مقاومت در برابر فرورفتگی ۲۱
۳-۳-۴. روش سختی سنجی برینل ۲۱
۳-۳-۴-۱. عدد سختی برینل ۲۲
۳-۳-۴-۲. مزایا و معایب روش برینل ۲۳
۳-۳-۵. روش سختی سنجی راکول ۲۳
۳-۳-۵-۱. انواع سختی سنجی راکول ۲۴
۳-۳-۵-۲. نکات مهم آزمون راکول ۲۵
۳-۳-۶. روش سختی سنجی ویکرز ۲۶
۳-۳-۶-۱. عدد سختی ویکرز ۲۷
۳-۳-۶-۲. مزایا و معایب روش ویکرز ۲۷
۴ فصل چهارم: آزمون ضربه شارپی ۲۹
۴-۱. مقدمه ۲۹
۴-۲. تئوری آزمون ضربه شارپی ۳۰
۴-۳. نمونه آزمون ضربه شارپی ۳۱
۴-۳-۱. نوع و اندازه نمونه‌ها ۳۱
۴-۳-۲. مشخصات شیار نمونه آزمون ۳۲
۴-۴. مشخصات ماشین ضربه ۳۳
۴-۴-۱. نمایشگر ماشین ضربه و اتلافات ۳۴
۴-۴-۲. مشخصات پاندول، ضربه زن و سندان‌ها ۳۵
۵ فصل پنجم: شبکه‌های عصبی مصنوعی ۳۷
۵-۱. مقدمه ۳۷
۵-۲. ساختار نرون‌های شبکه عصبی ۳۸
۵-۲-۱. ساختار نرون عصبی مصنوعی ۴۰

۵-۳. تاریخچه شبکه‌های عصبی مصنوعی ۴۱
۵-۴. دلایل استفاده از شبکه‌های عصبی ۴۲
۵-۵. شبکه‌های عصبی در مقایسه با کامپیوترهای معمولی ۴۳
۵-۶. ساختار شبکه‌های عصبی ۴۴
۵-۷. روش‌های آموزش شبکه عصبی ۴۵
۵-۸. کاربرد شبکه‌های عصبی ۴۶
۵-۹. معایب شبکه‌های عصبی ۴۷
۶ فصل ششم: پیشینه تحقیق ۴۸
۶-۱. مقدمه ۴۸
۶-۲. سال ۲۰۰۲ ۴۸
۶-۳. سال ۲۰۰۵ ۵۰
۶-۴. سال ۲۰۰۷ ۵۰
۶-۵ سال ۲۰۰۸ ۵۱
۶-۶. سال ۲۰۰۹ ۵۲
۶-۷. سال ۲۰۱۰ ۵۳
۶-۸. سال ۲۰۱۱ ۵۴
۶-۹. سال ۲۰۱۲ ۵۵
۶-۱۰. سال ۲۰۱۳ ۵۶
۷ فصل هفتم: روش تحقیق ۵۹
۷-۱. مقدمه ۵۹
۷-۲. آماده سازی نمونه‌ها ۵۹
۷-۲-۱. جوشکاری ورق‌ها ۵۹
۷-۲-۲. تهیه‌ی نمونه‌ها ۶۴
۷-۲-۲. برش نمونه‌ها ۶۵
۷-۳. آزمایشگاه متالوگرافی ۶۶
۷-۴. آزمون سختی ویکرز ۶۸

۷-۵. آزمون ضربه شارپی ۶۹
۷-۵-۱. ساخت نمونه‌های آزمون ضربه شارپی ۷۰
۷-۵-۲. شیارزنی نمونه‌ها ۷۰
۷-۵-۳. رساندن دمای نمونه به دمای استاندارد ۷۱
۷-۵-۴. انجام آزمون ۷۱
۷-۶. شبکه‌های عصبی مصنوعی ۷۳
۷-۶-۱. داده‌های آزمایشگاهی ۷۱
۷-۶-۲. مدل شبکه عصبی ۷۵
۷-۶-۲-۱. معماری شبکه ارائه شده ۷۵
۷-۶-۲-۲. آموزش و آزمون شبکه ۷۶
۸ فصل هشتم: ارائه نتایج ۷۷
۸-۱. ریزساختار ناحیه جوش ۷۷
۸-۱-۱. تاثیر گرمای ورودی جوشکاری بر ریزساختار ۷۷
۸-۱-۱-۱. محاسبه اندازه دانه فریت سوزنی ۷۹
۸-۱-۲. تاثیر پارامترهای جوشکاری بر ریز ساختار ۷۹
۸-۱-۲-۱. سرعت ۷۹
۸-۱-۲-۲. شدت جریان ۸۱
۸-۱-۲-۳. ولتاژ ۸۱
۸-۲. آزمون سختی ویکرز ۸۴
۸-۲-۱. تاثیر پارامترهای جوشکاری بر سختی ۸۷
۸-۲-۱-۱. سرعت ۸۷
۸-۲-۱-۲. شدت جریان ۸۸
۸-۲-۱-۳. ولتاژ ۸۸
۸-۳. آزمون ضربه شارپی ۸۹
۸-۳-۱. تاثیر پارامترهای جوشکاری بر انرژی شارپی ۹۲
۸-۳-۱-۱. سرعت ۹۲

۸-۳-۱-۲. شدت جریان ۹۳
۸-۳-۱-۳. ولتاژ ۹۴
۸-۴. شبکه‌های عصبی مصنوعی ۹۴
۸-۴-۱. تاثیر پارامترهای جوشکاری بر سختی و انرژی شارپی ۱۰۱
۸-۴-۱-۱. سرعت ۱۰۲
۸-۴-۱-۲. شدت جریان ۱۰۳
۸-۴-۱-۳. ولتاژ ۱۰۴
۹ فصل نهم: نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها ۱۰۶
۹-۱. مقدمه ۱۰۶
۹-۲. نتیجه گیری ۱۰۶
۹-۳. ارائه پیشنهادها ۱۰۸
مراجع ۱۰۹
واژه‌نامه ۱۱۲

فهرست علائم و نشانه‌ها

D	قطر، (mm)
E	مدول یانگ، (GPa)
F	نیروی اعمالی، (N)
g	شتاب گرانش، (mm/s^2)
H	گرمای ورودی، (J)
h	ارتفاع، (m)
I	شدت جریان، (A)
L	طول ، (m)
M	جرم، (kg)
S	سرعت، (m/s)
T	دما، (°C)
t	زمان، (s)
UTS	تنش کششی نهایی، (MPa)
V	ولتاژ، (V)

علائم یونانی

η	بازده، (بی‌بعد)
θ	زوایه، (°)
π	عدد پی

فهرست جدول‌ها

جدول (۶-۱).	ترکیب شیمیایی فولاد API X65 مورد استفاده در پژوهش جو و همکارانش	۴۹
جدول (۶-۲).	خواص مکانیکی چهار فولاد API X65 متفاوت	۵۰
جدول (۶-۳).	خلاصه آماری نتایج تست‌های ویکرز و شارپی به عنوان خروجی شبکه	۵۶
جدول (۷-۱).	ترکیب شیمیایی فولاد API X65	۶۰
جدول (۷-۲).	خواص مکانیکی فولاد API X65 و مقایسه‌ی آن با الزامات استاندارد API 5L	۶۰
جدول (۷-۳).	پارامترهای جوشکاری در تحقیق حاضر برای ۵۰ نمونه	۶۳
جدول (۸-۱).	نتایج آزمون سختی ویکرز در تحقیق حاضر برای ۵۰ نمونه	۸۵
جدول (۸-۲).	خلاصه آماری نتایج آزمون سختی ویکرز در ناحیه جوش	۸۶
جدول (۸-۳).	نتایج آزمون ضربه شارپی در تحقیق حاضر برای ۵۰ نمونه	۹۰
جدول (۸-۴).	خلاصه آماری نتایج آزمون ضربه شارپی.	۹۱
جدول (۸-۵).	مقایسه نتایج حاصل از شبکه عصبی و داده های تجربی برای سختی ویکرز	۹۵
جدول (۸-۶).	مقایسه نتایج حاصل از شبکه عصبی و داده های تجربی برای انرژی شارپی	۹۶
جدول (۸-۷).	مقادیر درصد خطای نسبی میانگین برای داده های آموزش، اعتبارسنجی، آزمون و کل داده‌ها	۹۷

فهرست شکل‌ها

شکل (۱-۱).	روند توسعه فولادهای لوله با استحکام بالا	۵
شکل (۱-۲).	شماتیک دستگاه جوش زیر پودری و حوضچه مذاب	۷
شکل (۱-۳).	اثر شدت جریان بر روی جوش در دو طرح لبه متفاوت	۸
شکل (۱-۴).	اثر ولتاژ بر روی جوش در دو طرح لبه متفاوت	۹
شکل (۱-۵).	اثر سرعت جوشکاری بر روی جوش در دو طرح لبه متفاوت	۱۰
شکل (۲-۱).	نمودار پیدایش پرلیت از آستنیت، جهت رشد پرلیت با پیکان نشان داده شده است	۱۳
شکل (۲-۲).	نمودار تبدیل هم دمای یک آلیاژ یوتکتوید آهن- کربن	۱۴
شکل (۲-۳).	نمودار تبدیل هم دما برای فولاد	۱۵
شکل (۲-۴).	میکروگراف الکترونی ساختار بینیت	۱۵
شکل (۲-۵).	نمودار تبدیل هم دمای یک فولاد که شامل تبدیل آستنیت به پرلیت و آستنیت به بینیت است	۱۶
شکل (۲-۶).	واحد سلولی مکعب مستطیلی مرکز حجم که در آن اتم های آهن با دایره نشان داده شده است	۱۷
شکل (۲-۷).	تصویر میکروگراف ریزساختار مارتنزیت	۱۹
شکل (۳-۱).	دستگاه سختی سنجی برینل	۲۱
شکل (۳-۲).	شماتیک اعمال بار بر روی نمونه آزمایش به روش برینل	۲۲
شکل (۳-۳).	دستگاه سختی سنجی راکول	۲۴
شکل (۳-۴).	دستگاه سختی سنجی ویکرز	۲۶
شکل (۳-۵).	شماتیک اعمال بار بر روی نمونه آزمایش به روش ویکرز	۲۷
شکل (۴-۱).	شماتیک محل مولفه‌های آزمون ضربه	۳۰
شکل (۴-۲).	اندازه استاندارد نمونه آزمون ضربه شارپی	۳۱
شکل (۴-۳).	نمونه‌های پیشنهاد شده با مقطع کوچک‌تر از استاندارد برای آزمون شارپی	۳۲
شکل (۴-۴).	انواع شیارهای استاندارد نمونه آزمون شارپی	۳۳
شکل (۴-۵).	شماتیک ماشین آزمون ضربه	۳۴
شکل (۴-۶).	دو نوع پاندول استاندارد طراحی شده جهت ماشین آزمون شارپی	۳۵

شکل (۴-۷).	مشخصات سندان و ضربه‌زن ماشین شارپی.	۳۶
شکل (۵-۱).	ساختار نرون عصبی	۳۸
شکل (۵-۲).	ساختار نرون عصبی مصنوعی	۴۰
شکل (۵-۳).	شماتیک شبکه‌های عصبی مصنوعی	۴۴
شکل (۶-۱).	تغییرات انرژی شارپی بر حسب فاصله از خط جوش	۴۹
شکل (۶-۲).	مقادیر تجربی و پیش بینی شده برای انرژی شارپی با ضریب همبستگی و میانگین خطای نسبی.	۵۱
شکل (۶-۳).	مقادیر انرژی شارپی متوسط در نواحی مختلف فولاد	۵۲
شکل (۶-۴).	تغییرات انرژی شارپی با دما	۵۲
شکل (۶-۵).	تصاویر میکروسکوپ نوری ریز ساختار الف) فولاد X70، ب) فولاد X90	۵۳
شکل (۶-۶).	تصاویر ماکروسکوپی مجموعه اول a) نمونه۱، b) نمونه۲	۵۴
شکل (۶-۷).	تصاویر ماکروسکوپی مجموعه دوم a) نمونه۳، b) نمونه۵	۵۴
شکل (۶-۸).	تصاویر ماکروسکوپی مجموعه سوم a) نمونه۷، b) نمونه۱۰	۵۴
شکل (۶-۹).	عدد اندازه دانه ناحیه جوش a) ولتاژ ۲۰V، b) ولتاژ ۳۰V	۵۵
شکل (۶-۱۰).	نتایج ارزیابی عملکرد شبکه برای پیش‌بینی سختی ویکرز	۵۶
شکل (۶-۱۱).	نتایج سختی فولاد با عملیات حراتی و بدون عملیات حرارتی	۵۷
شکل (۶-۱۲).	مقایسه مقادیر عرض جوش پیش‌بینی شده توسط مدل فازی با نتایج تجربی	۵۸
شکل (۶-۱۳).	مقایسه مقادیر ارتفاع جوش پیش‌بینی شده توسط مدل فازی با نتایج تجربی	۵۸
شکل (۷-۱).	ورق‌های استفاده شده جهت انجام فرایند جوشکاری	۶۰
شکل (۷-۲).	تجهیزات مورد استفاده جهت انجام فرایند جوشکاری زیرپودری	۶۱
شکل (۷-۳).	جوشکاری ورق‌ها	۶۱
شکل (۷-۴).	ورق‌های جوشکاری شده	۶۲
شکل (۷-۵).	ورق‌های خط‌کشی شده جهت برشکاری	۶۴
شکل (۷-۶).	نمونه فولاد در حال برش	۶۵
شکل (۷-۷).	اره نواری مورد استفاده برای برش نمونه‌ها	۶۵
شکل (۷-۸).	نمونه برش خورده و شماره‌گذاری شده	۶۶
شکل (۷-۹).	دستگاه مکانیکی پولیش	۶۶

شکل (۷-۱۰). تصویر ماکروسکوپی از سطح مقطع اچ شده ۶۷

شکل (۷-۱۱). میکروسکوپ نوری و دوربین مورد استفاده برای تهیه تصاویر از مقطع جوش ۶۸

شکل (۷-۱۲). نمایش نقاط A (محل انجام آزمون ویکرز) ۶۸

شکل (۷-۱۳). دستگاه آزمون سختی ویکرز ۶۹

شکل (۷-۱۴). دستگاه ویژه شیارزن شارپی و مراحل شیارزنی نمونه‌ها ۷۰

شکل (۷-۱۵). دستگاه سرد کننده نمونه‌ها ۷۱

شکل (۷-۱۶). ماشین آزمون ضربه شارپی ۷۲

شکل (۷-۱۷). نمونه شکسته شده آزمون ضربه شارپی ۷۳

شکل (۷-۱۸). الگوریتم پس انتشار خطا در شبکه عصبی مصنوعی ۷۴

شکل (۸-۱). شکل(۸-۱). تصاویر میکروسکوپ نوری در دو نمونه ۲۰ و۴۱، الف) نمونه ۲۰ ، ب) نمونه ۴۱ ۷۸

شکل (۸-۲). تصاویر میکروسکوپ نوری ناحیه جوش با سرعت الف)۳۶۰، ب)۴۶۰، پ)۴۹۰ میلی‌متر بر دقیقه ۸۰

شکل (۸-۳). تصاویر میکروسکوپ نوری ناحیه جوش با شدت‌جریان الف)۴۰۰، ب)۴۵۰، پ)۵۰۰، ت)۵۵۰ و ث)۶۰۰آمپر ۸۲

شکل (۸-۴). تصاویر میکروسکوپ نوری از سطح ناحیه جوش با ولتاژ الف)۳۰، ب)۳۲، پ)۳۴ و ت)۳۶ ولت ۸۴

شکل (۸-۵). تغییرات سختی با گرمای ورودی (ناحیه جوش و ناحیه متاثر از حرارت) ۸۷

شکل (۸-۶). اثر سرعت بر سختی ناحیه جوش ۸۸

شکل (۸-۷). اثر شدت جریان بر سختی ناحیه جوش ۸۸

شکل (۸-۸). اثر ولتاژ بر سختی ناحیه جوش ۸۹

شکل (۸-۹). تغییرات انرژی شارپی با گرمای ورودی ۹۲

شکل (۸-۱۰). اثر سرعت بر انرژی شارپی ناحیه جوش ۹۳

شکل (۸-۱۱). اثر شدت جریان بر انرژی شارپی ناحیه جوش ۹۳

شکل (۸-۱۲). اثر ولتاژ بر انرژی شارپی ناحیه جوش ۹۴

شکل (۸-۱۳). نتایج ارزیابی عملکرد شبکه برای پیش‌بینی سختی برای داده‌های آموزش، اعتبارسنجی، آزمون و کل داده ها ۹۹

شکل (۸-۱۴). نتایج ارزیابی عملکرد شبکه برای پیش‌بینی سختی برای داده‌های آموزش، اعتبارسنجی، آزمون و کل داده ها ۱۰۱

شکل (۸-۱۵). اثر سرعت بر سختی ناحیه جوش (خطوط پیوسته نتایج تجربی و خطوط خط چین نتایج شبکه می باشند) ۱۰۲

شکل (۸-۱۶). اثر سرعت بر انرژی‌شارپی ناحیه‌جوش (خطوط پیوسته نتایج‌تجربی و خطوط خط چین نتایج شبکه می‌باشند) ۱۰۲

شکل (۸-۱۷). اثر شدت جریان بر سختی جوش (خطوط پیوسته نتایج تجربی و خطوط خط چین نتایج شبکه می‌باشند) ۱۰۳

شکل (۸-۱۸). اثر شدت‌جریان بر انرژی‌شارپی جوش (خطوط‌پیوسته نتایج تجربی و خطوط خط‌چین نتایج شبکه می‌باشند). ۱۰۴

شکل (۸-۱۹). اثر ولتاژ بر سختی ناحیه جوش (خطوط پیوسته نتایج تجربی و خطوط خط چین نتایج شبکه می باشند) ۱۰۵

شکل (۸-۲۰). اثر ولتاژ بر انرژی‌شارپی ناحیه جوش (خطوط پیوسته نتایج تجربی و خطوط خط چین نتایج شبکه می‌باشند) ۱۰۵

فصل اول

مقدمه

۱-۱. اهمیت انرژی

انرژی در زندگی بشر اهمیت بسیار زیادی دارد و ادامه زندگی بدون آن غیرممکن است. همچنین در حیات اقتصاد صنعتی جوامع نیز نقش زیر بنایی را ایفا می‌کند. امروزه صنعت نفت و گاز در جهان، یکی از مهمترین و حیاتی‌ترین صنایع موجود می‌باشند. با پیشرفت علم و فناوری و کشف منابع جدید انرژی مانند انرژی‌های خورشیدی و هسته‌ای، بدون شک سوخت‌های فسیلی به جهت بسیاری از مزایای خود، هنوز هم منبع انرژی بی‌رقیب در جهان هستند.

گاز طبیعی قرن‌ها پیش توسط بشر استفاده شده است. گفته می‌شود که هزار سال قبل از میلاد، یونانیان باستان از شعله‌های برخواسته از گاز طبیعی در معابد برای جلب توجه نیایشگران استفاده می‌کرده اند. ایرانیان نیز آتشکده‌های خود را بر فراز چشمه‌های گاز طبیعی بنا می‌کرده‌اند و آتشی جاودان ایجاد می‌کرده‌اند. امروزه نقش گسترده و روز افزون گاز در تامین انرژی جهان غیر قابل انکار است. رشد مصرف گاز طبیعی، اولا به دلیل ویژگی‌های خاص گاز و ثانیا موقعیت‌های اجتماعی- اقتصادی و فناوری کشورهای مصرف کننده‌ی آن می‌باشد که در ادامه به این ویژگی‌ها اشاره شده است:

- احتراق کامل گاز و آلودگی ناچیز محیط زیست در مقایسه با دیگر سوخت‌ها (هسته‌ای، نفت و ...).
- سادگی در کنترل میزان مصرف به میزان دلخواه.
- عدم نیاز به فضای ذخیره‌ای برای مصرف.
- با صرفه بودن نسبت به سایر سوخت‌ها.
- سهولت نقل و انتقال و توزیع.
- انعطاف در مصرف، به گونه‌ای که از گاز می‌توان به عنوان سوخت سیستم‌های متنوعی همچون سیستم‌های خانگی، تجاری، صنعتی و نیروگاه‌ها استفاده نمود.
- گستردگی و توزیع جغرافیایی بهتر مخازن گاز در مقایسه با نفت، به گونه‌ای که امروزه بیش از ۸۰ کشور جهان دارای منابع گاز هستند.
- رشد زیاد جمعیت و مشکل تامین انرژی مورد نیاز آنها.

این عوامل توانسته است ضریب برتری نسبی و بعضا مطلق گاز را نسبت به سایر انرژی‌ها به اثبات رسانده و برای گاز جایگاهی وسیع ایجاد نماید.

به طور کلی منابع انرژی فسیلی در دنیا به دو دسته منابع متعارف و منابع نامتعارف تقسیم می شوند. ذخایر نامتعارف، ذخایری هستند که نفوذپذیری سنگهای مخزن در آنها بسیار کم است و بنابراین استفاده از روشهای معمول حفاری امکان پذیر نمی‌باشد و باید از روشهای ویژه‌ای (نظیر شکست هیدرولیکی و حفاری افقی) جهت حفاری و تولید از این مخازن استفاده کرد.

میزان ذخایر گاز طبیعی شناخته شده در جهان، بالغ بر ۱۸۷تریلیون متر مکعب است. ایران با ۳۴ تریلیون متر مکعب گاز طبیعی، بیش از ۱۸٪ ذخایرگازی جهان را دارد و از نظر میزان ذخایر گازی، اولین کشور در جهان است. در مجموع، کشورهای منطقه‌ی خاورمیانه، اروپای شرقی و شوروی سابق حدود ۸۰٪ از ذخایر طبیعی گاز جهان را دارند.

۱-۲. خطوط انتقال گاز

گاز طبیعی به هنگام استخراج دارای ناخالصی‌هایی مانند شن، ماسه، آب شور و گازهای اسیدی می‌باشد که در پالایشگاه تصفیه شده و به صورت گاز قابل مصرف در می‌آید. گاز پالایش شده، از طریق خطوط انتقال

گاز[1] فشار قوی به شهرها و مراکز مصرف منتقل می‌شود. خطوط لوله‌ی فولادی، ایمن‌ترین و اقتصادی‌ترین روش انتقال مایعات و سیالات در حجم بالا مانند گاز، نفت و آب می‌باشند. لوله‌های فولادی، سرمایه‌ای ملی در توسعه‌ی صنعت نفت و گاز محسوب می‌شوند؛ به طوری که حدود ۵۰ درصد هزینه‌ی ساخت خطوط انتقال را به خود اختصاص می‌دهند. در حمل گاز به وسیله‌ی خطوط لوله، ارتباط تنگاتنگی میان صادر کننده و وارد کننده برقرار می‌شود و می‌تواند باعث ایجاد روابط عمیق و با دوام بین کشورهای مختلف شود. علاوه بر این، خطوط انتقال نفت و گاز، مقصد معینی دارند و طرفین قرارداد مشخص و ثابت هستند. از دیگر ویژگی‌های تجارت بین‌المللی گاز به وسیله‌ی خطوط لوله، این است که طرفین قرارداد معمولا دولت‌ها هستند و این بر اهمیت سیاسی مسئله می‌افزاید. اهمیت خطوط لوله در صنایع را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

- خطوط لوله، بخش جدایی ناپذیری از صنعت می‌باشند.
- با استفاده از خط لوله، انتقال گاز، نفت، مایعات گازی، محصولات نفتی و آب در مسافت‌های طولانی، از منبع اصلی تا محل مصرف، با حداقل هزینه صورت می‌گیرد.
- ایمنی بالا.
- خطوط لوله، مشکلات زیست محیطی کمتری را به وجود می‌آورند.
- به عنوان مخزن ذخیره نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

باید توجه داشت که خطوط لوله، به دلیل ایمن و مقرون به صرفه بودن، از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. مطالعه‌ای در سال ۱۹۸۰ نشان داد که خطوط لوله، ۴۰ بار از مخازن قابل حمل با قطار و ۱۰۰ بار از مخازن تریلی‌ها در بزرگراه‌ها ایمن‌تر می‌باشد.

خطوط انتقال مانند رگ‌های بدن انسان، ماده‌ی حیاتی صنعت را به مراکز صنعتی، مصارف خانگی و پایگاه‌های صادراتی منتقل می‌کنند. کاربردهای مختلف خطوط انتقال عبارت است از:

- خطوط جمع‌آوری بین میادین تولید.
- اتصالات تجهیزات فرایندی.
- خطوط لوله‌ی انتقال به ایستگاه‌های متراکم‌سازی، ایستگاه‌های اندازه‌گیری و چاه‌های ذخیره‌سازی.

[1] Gas Pipeline