

جوشکاری پلی اتیلن

تالیف:

دکتر مهدی دیواندری

مهندس مهدی شاهدی اصل

مهندس رضا خادم حسینی

(دانشگاه علم و صنعت ایران)

سرشناسه : دیواندری، مهدی
 عنوان و نام پدیدآور : جوشکاری پلی اتیلن / تألیف مهدی دیواندری، مهدی شاهی اصل، رضا خادم حسینی
 مشخصات نشر : تهران: مهدی دیواندری: مهدی شاهی اصل: رضا خادم حسینی، ۱۳۸۹.
 مشخصات ظاهری : ۳۱۶ ص.: مصور، جدول.
 شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۰۴-۵۱۱۱-۳
 وضعیت فهرست نویسی : فیپا
 یادداشت : واژه نامه.
 یادداشت : نمایه.
 موضوع : جوشکاری
 موضوع : پلی استیک - جوشکاری
 شناسه افزوده : شاهی اصل، مهدی، ۱۳۶۰-
 شناسه افزوده : خادم حسینی، رضا، ۱۳۵۹-
 رده بندی کنگره : ۶۲۲/۵۹-۱۳/۹
 رده بندی دیویی : ۶۲۱/۵۲
 شماره کتابشناسی ملی : ۱۹۸۰۲۱۵

نام کتاب: جوشکاری پلی اتیلن
 تألیف و نشر: مهدی دیواندری، مهدی شاهی اصل، رضا خادم حسینی
 طرح جلد: بهاره دیواندری
 صفحه آرای: مصطفی دیواندری
 نوبت چاپ: اول
 سال نشر: ۱۳۸۹
 شمارگان: ۲۰۰۰ جلد
 قیمت: ۷۵۰۰۰ ریال
 چاپ: توسکا گستر
 * حق چاپ برای مولفین محفوظ است.

ISBN: 978-964-04-5111-3



9 789640 451113

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۰۴-۵۱۱۱-۳

پیشگفتار

در سال ۱۳۸۲ به دعوت معاون وزیر نفت وقت - آقای مهندس نعمت زاده - بازدید از منطقه عسلویه توسط تعدادی از اساتید دانشگاه به عمل آمد و یکی از واحدهای تولید کننده پلی اتیلن پرچگال مورد بازدید قرار گرفت که طبق اظهار مدیران کارخانه، تولید اسمی آن یک میلیون و سیصد هزار تن بود. این میزان تولید از نظر حجمی معادل ده میلیون تن فولاد است که در همان سالها در کشور تولید می شد، یعنی یک واحد تولید پلی اتیلن می توانست به اندازه کل تولید صنعت فولاد کشور (با سابقه ۳۵ ساله)، مواد اولیه مورد استفاده در صنعت را تولید کند. برای تولید این میزان پلی اتیلن بهره برداری گسترده از منابع مشترک گازی در خلیج فارس لازم است، که با توجه به مشترک بودن ذخایر گازی ایران و قطر در آن منطقه، صرفه اقتصادی چنین تولیدی به خوبی مشهود است.

چند سال بعد یعنی در سال ۱۳۸۵، در دوره ای که وظیفه مشاوره یک شرکت تولید کننده قطعات پلی اتیلن را به عهده داشتم، به همراه چند تن از کارشناسان و تولید کنندگان قطعات پلیمری، امکان بازدید از نمایشگاه پلاستیک دوسلدورف آلمان حاصل شد. این نمایشگاه به خوبی نشان می داد که میزان تولید قطعات و محصولات پلیمری در دنیا تا چه میزان در حال گسترش است. یک نمونه از این محصولات، خودرویی بود که قطعات پلیمری زیادی در تولید آن به کار رفته بود و حتی کل بدنه آن از کامپوزیت های پایه پلیمری ساخته شده بود. افزون بر این، حجم قابل توجهی از محصولات مورد استفاده در ساختمان های مسکونی و اداری شامل انواع در و پنجره، مبلمان اداری، سیستم های مورد استفاده در آشپزخانه، بخش قابل توجهی از قطعات انواع ماشین های اداری مانند دورنگار و چاپگر و نیز بسیاری از قطعات موجود در سیستم های رسانه ای، قطعات مورد استفاده در صنایع الکترونیک و مخابرات، سیستم های بسته بندی، لوله و اتصالات آب، گاز و فاضلاب و حتی لوله های انتقال نفت با تحمل فشار ۳۰۰ بار، از مواردی بود که جلب توجه می کرد.

دقت در آنچه که در نمایشگاه عرضه شده بود (به لحاظ تنوع محصولات و حجم تولید و مصرف) نشان می داد که احتمالاً در سالهای پیش رو، این مواد با عرضه قابلیت های خاص مهندسی می تواند جای مواد فلزی - یا حداقل بخشی از آن - را بگیرد.

با این مقدمه نکات ذیل از دید نویسندگان کتاب حاضر حایز اهمیت است:

۱- ما در کشوری زندگی می‌کنیم که حجم زیادی از منابع گازی و نفتی دنیا را در اختیار دارد و این ذخایر به سادگی قابل تبدیل به انواع پلیمرها است. به بیان دیگر امکان تولید حجم زیادی از این مواد با ارزش افزوده بالا در ایران وجود دارد. فعال بودن واحدهای تولید کننده فعلی در کشور تاییدی بر این مدعا است.

۲- در آینده تعداد زیادی از محصولات و قطعات صنعتی فلزی و غیر فلزی در دنیا توسط پلیمرها جایگزین خواهد شد و نمایشگاه فوق‌الذکر (نمایشگاه معروف پلاستیک آلمان) این مطلب را به خوبی نشان می‌داد.

آیا بهتر نیست ما توجه به گسترش مصرف محصولات پلیمری در زمینه‌های مختلف، ما بر روی تولید این نوع مواد تمرکز بیشتری داشته باشیم و مواد اولیه پلیمری (شامل انواع پلی‌اتیلن، پلی پروپیلن، پلی وینیل کلراید و غیره) را تولید کرده و در سطح جهانی عرضه کنیم؟ آیا بهتر نیست سیاست تولید قطعات و محصولات با قابلیت عرضه مستقیم به بازارهای جهانی را در پیش بگیریم؟ وقتی مشاهده می‌شود که بخش زیادی از لوله‌های انتقال گاز در کشور و شیرها و اتصالات مربوطه از جنس پلی‌اتیلن است، چرا نباید صنعت و دستگاه‌های اجرایی کشور در این زمینه تلاش بیشتری از خود نشان دهند تا ما به جای صدور مواد اولیه پلیمری، محصولاتی با قابلیت مصرف مستقیم در بازار تولید کرده و به صنایع پایین دستی خود رونق بخشیم؟

صنایع پلیمری به دو بخش بالا دستی و پایین دستی قابل تقسیم است؛ صنایع بالا دستی وظیفه تبدیل منابع نفت و گاز به انواع پلیمرها و صنایع پایین دستی وظیفه تبدیل گرانول به قطعات صنعتی جهت عرضه به مصرف کننده نهایی را بر عهده دارد. این نکته نیز بر کارشناسان پوشیده نیست که صنایع پایین دستی، از تنوع بیشتری برخوردار بوده و می‌تواند فرصت‌های شغلی بسیاری را در کشور ایجاد نماید و در زمینه صادرات نیز به شرط تولید محصولاتی با کیفیت مناسب، بازارهای جهانی را در اختیار بگیرد.

آیا برای این راهبرد صنعتی، یعنی کوشش در جهت تولید مواد اولیه پلیمری و تبدیل آن به محصولات قابل عرضه در سطح جهانی، فعالیت جدی صورت گرفته است؟ آیا در دانشگاه‌های ما چنین فکری وجود دارد یا شکل گرفته است؟ آنچه که در حال حاضر شاهد آن هستیم چنین روندی را نشان نمی‌دهد. در دانشگاه‌های ما توجه خاصی به مواد پلیمری نمی‌شود و متخصصین

زیادی در زمینه توسعه صنایع پایین دستی وجود ندارد. حتی در صنایع بالا دستی نیز فقط یک دانشگاه در این زمینه فعال است.

نتیجه سخن اینکه ما در کشوری زندگی می‌کنیم که قابلیت تولید حجم زیادی از محصولات پلیمری را دارد و این محصولات می‌تواند با قیمت و کیفیت مناسب در سطح جهان عرضه شود. بنابراین لازم است که با توجه به آنچه ذکر شد، کوشش مستمری جهت جلوگیری از اتلاف منابع و بهره‌برداری موثر و سریع از این منابع در جهت توسعه کشور و ایجاد مشاغل متعدد سازمان‌دهی شود.

کتاب حاضر به معرفی بخشی از علوم و فناوری‌های مرتبط با صنایع پایین دستی پلیمری اختصاص دارد. مطالب ارائه شده می‌تواند جایگاه مصرف محصولات پلیمری را نشان دهد و همچنین به عنوان دانش فنی مورد نیاز در سیستم‌های لوله و اتصالات پلیمری در صنایع آب، فاضلاب و همچنین انتقال و توزیع گاز در سطح کشور و نیز سایر صنایع، مورد استفاده قرار گیرد. امید است که حاصل زحمات مولفان و گردآورندگان این مجموعه مورد توجه صنایع کشور قرار بگیرد.

نویسندگان این کتاب بر خود لازم می‌دانند که از شرکت فخرآب (تولید کننده لوله‌ها، اتصالات و شیرهای پلی اتیلن و همچنین سازنده و عرضه کننده دستگاه‌های جوشکاری پلی اتیلن)، بانک اطلاعات مهندسی داده (بامداد) و همچنین مرکز گسترش آموزش سه‌سیال، به لحاظ حمایت فنی و مالی از این پروژه که حاصل آن عرضه کتاب حاضر جهت استفاده پیمان‌کاران خطوط لوله و افراد علاقمند به جوشکاری لوله‌های پلی اتیلن است، تشکر و قدردانی نمایند.

لازم به ذکر است که مرکز گسترش آموزش سه‌سیال چندین سال است که وظیفه آموزش جوشکاری لوله‌های پلی اتیلن را با همکاری شرکت فخرآب بر عهده دارد و امید است که این خدمت کم‌سابقه در کشور، مورد توجه قرار گرفته و باعث رشد و گسترش صنایع پایین دستی پلیمری گردد.

آقای مهندس مهدی شاهدی اصل، دانشجوی دکترای دانشکده مهندسی مواد و متالورژی دانشگاه علم و صنعت ایران، در تهیه این کتاب متحمل زحمات زیادی شد که تشکر فراوان من از ایشان می‌تواند، احتمالاً، باعث ترغیب وی به فعالیت بیشتر شده و انشاء الله موجب موفقیت‌های مستمر در امر توسعه دانش گردد.

بر اهالی نشر و بر گروه قابل توجهی از خوانندگان پوشیده نیست که کار تالیف زمان زیاد، صبر و شکیبایی مستمر و انرژی و نشاط فراوان طلب می‌کند که نتیجه آن، غفلت از خانواده و اهل و عیال است. بنابراین در اینجا جا دارد از همسر صبور خود که در طول دوران تحصیل و پس از آن، همواره همراه و پشتیبان اینجانب بوده است، تشکر و قدردانی نمایم. همچنین جا دارد در همه حال، یاد مادران صبور و حامی فرزند را - که مادر من از افاضل ایشان است - گرامی بدارم.

دکتر مهدی دیواندری

دانشیار دانشکده مهندسی مواد و متالورژی

دانشگاه علم و صنعت ایران

زمستان ۱۳۸۸



بانکی اطلاعاتی و سپاری

بامداد

www.bamdadbank.com



فخرآب

www.fakhrab.com



مرکز گسترش آموزش سه‌سیال

www.sesayal.com

گر دوزخی و اگر بهشتی امروز پیدا نشود خویشی و زشتی امروز
دی رفت قلم آنچه نوشتی امروز فردا به بر آید آنچه کشتی امروز

کتاب حاضر نخستین اثر مشترک من با همکاری و راهنمایی استاد فرزانه و گرانقدرم، آقای دکتر مهدی دیواندری، است. بی شک اولین‌ها در زندگی هر فرد، تأثیر زیادی بر او داشته و هیچگاه به فراموشی سپرده نمی‌شود و من بسیار خوشحال و مفتخر هستم که در محضر چنین استاد برجسته‌ای پرورش یافته‌ام. بر خود لازم می‌دانم تا از همه انسان‌های دانشمند و فرهیخته‌ای که سهمی زیاد در رشد و پیشرفت علمی من داشته‌اند، سپاس‌گزار باشم. از خرم علم اساتید ارجمندی همچون؛ آقای ناصر آقاخانی، آقای اکبر ظهیری، دکتر جلال حجازی، دکتر سید حسین سیدین، دکتر حکمت رضوی‌زاده و دکتر ابوالقاسم دولتی خوشه‌ها جدا می‌کنم و امیدوارم که لایق مهرورزی آنان بوده باشم.

علم و فناوری جوشکاری، زیر مجموعه‌ای جذاب و مهم از دنیای مواد است و همان‌طور که در صفحات پیشین نیز بدان اشاره گردید، در مورد غیر فلزات هم جایگاه ویژه‌ای دارد. بنابراین ضروری است تا از تلاش و کوشش اساتید و متخصصان برجسته این رشته به خصوص آقایان؛

دکتر امیرحسین کوکی، دکتر مسعود گودرزی و مهندس علیرضا حمزه‌لو

که مرا با دنیای جوشکاری آشنا ساختند، قدردانی کنم. همچنین در پایان از کلیه اشخاص، شرکت‌ها و سازمان‌هایی که در پدید آوردن این کتاب با نویسندگان آن همکاری و همیاری داشته‌اند، تشکر می‌نمایم و امیدوارم تلاش همگان، در راستای گسترش دانش و پیشرفت سرتاسر گیتی باشد. با قلبی آکنده از عشق و احساسی فراوان، اولین اثر زندگی‌ام را به

پدر بزرگوار و دلسوزم؛ آقای حمید شاهدی اصل،

مادر شکیبا و فداکارم؛ خانم راضیه پاکنهاد،

تقدیم می‌دارم.

مهدی شاهدی اصل

دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی مواد و متالورژی

دانشگاه علم و صنعت ایران

زمستان ۱۳۸۸

نمادهای استفاده شده در کتاب

A	سطح	M_n	میانگین عددی
A	تولانس شرکت سازنده	MOP	حداکثر فشار کاری
a	پهنای گرده جوش	MRS	حداقل استحکام کاری
a	طول ترک	M_w	میانگین وزنی
B	پهنای گرده جوش	n	سیکل خستگی
B	تغییر شکل ناشی از حمل و نقل	O_d	قطر خارجی لوله
D	قطر پایه لوله	P	فشار اسمی
d_c	قطر خارجی لوله	P_c	فشار بحرانی
DF	ضریب طراحی	PN	فشار اسمی
D_i	قطر اسمی لوله	P_{PMS}	حداکثر فشار کاری مجاز لوله
d_i	قطر داخلی لوله	P_t	فشار لازم برای کشش لوله
D_M	قطر پیشینه سنبه	Q	نیروی برشی
d_n	قطر اسمی لوله	q	فلاکس حرارت
d	قطر لوله	R	ثابت جهانی گازها
d	میزان عدم همراستایی لوله‌ها	S	تنش محیطی
E	انرژی فعال‌سازی	S	سری لوله
e	ضخامت دیواره لوله	S_c	سطح مقطع پیستون
E_c	مدول ظاهری (خزش)	SDR	نسبت ابعادی استاندارد
fert	عامل زمان مقاومت شیمیایی	T	درجه حرارت
fer σ	عامل تنش مقاومت شیمیایی	t	حداقل ضخامت دیواره لوله
F	نیرو	T	زمان
F_T	ضریب دما	T_g	دمای شیشه‌ای شدن
G	مدول برشی	T_m	دمای ذوب
H	ارتفاع	X	میزان باز شدن فنر
HDB	طراحی هیدرو استاتیک بنیادی	x	ضخامت دیواره
HDS	تنش طراحی هیدرو استاتیک	α	فاکتور هندسه ترک
K	فاکتور تمرکز تنش	α	ضریب اتساع طولی
k	سرعت انجام فرآیند	γ	کرنش برشی
k	فاصله قابل رویت بین لبه لوله‌ها	ϵ	کرنش
k	ثابت فنر	v	ضریب پواسون
k	ضریب هدایت حرارت	σ	تنش
k_0	ثابت فرآیند	σ_s	تنش طراحی
L	طول	τ	تنش برشی
MFR	نرخ جریان مذاب		

فصل اول

۱- معرفی لوله های پلی اتیلن	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۱-۲- مزایای لوله های پلی اتیلن	۲

فصل دوم

۲- خواص مهندسی	۹
۲-۱- تاریخچه پلی اتیلن	۱۰
۲-۲- تولید پلی اتیلن	۱۱
۲-۳- مشخصه های پلیمر	۱۲
۲-۴- خواص مکانیکی	۲۲
۲-۴-۱- خواص مکانیکی دراز مدت	۲۲
۲-۴-۲- خواص مکانیکی کوتاه مدت	۴۰
۲-۴-۳- سایر خواص مکانیکی	۴۸
۲-۵- خواص حرارتی	۵۳
۲-۶- خواص الکتریکی	۵۶
۲-۷- قابلیت اشتعال	۶۰
۲-۸- مقاومت شیمیایی	۶۰
۲-۹- پیر سازی	۶۸
۲-۱۰- خواص سم شناسی	۷۱

فصل سوم

۳- روش های تولید لوله و اتصالات پلی اتیلن	۷۳
---	----

۷۳	۱-۳- مقدمه
۷۴	۲-۳- تولید لوله با دیواره ساده
۷۵	۱-۲-۳- آماده سازی مواد اولیه
۷۷	۲-۲-۳- اکستروژن
۷۷	۱-۲-۲-۳- اکسترودر
۸۰	۲-۲-۲-۳- قالب اکستروژن
۸۲	۳-۲-۳- سایزینگ (اندازش) لوله
۸۵	۴-۲-۳- مراحل باطی (کشش، برش و بسته بندی)
۸۶	۳-۳- تولید لوله های با دیواره شکل دار
۸۸	۴-۳- اتصالات پلی اتیلن
۸۸	۱-۴-۳- اتصالات قالب گیری سده تریقی
۹۰	۲-۴-۳- اتصالات ساختمانی
۹۱	۳-۴-۳- شکل دهی اتصالات با اعمال حرارت
۹۱	۵-۳- آزمون های کنترل و تضمین کیفیت

فصل چهارم

۹۵	۴- روش های ایجاد اتصال در لوله های پلی اتیلن
۹۵	۱-۴- فرآیند ذوبی حرارتی
۹۶	۱-۱-۴- فرآیند جوشکاری ذوبی سر به سر
۱۰۶	۲-۱-۴- اتصال ذوبی زینی (سدل)
۱۱۰	۳-۱-۴- اتصال ذوبی سوکتی
۱۱۳	۲-۴- فرآیند جوشکاری ذوبی- الکتریکی (الکتروفیوژن)
۱۲۰	۱-۲-۴- تنوری فرآیند الکتروفیوژن
۱۲۳	۲-۲-۴- جفت کن های الکتروفیوژن
۱۲۵	۳-۲-۴- مزایای فرآیند الکتروفیوژن
۱۲۷	۳-۴- اتصالات مکانیکی

۱۲۷	۱-۳-۴- جفت کن های مکانیکی
۱۲۷	۱-۱-۳-۴- جفت کن فشاری برای لوله های کم قطر
۱۲۸	۲-۱-۳-۴- جفت کن پیچی برای لوله های قطور
۱۲۹	۲-۳-۴- اتصالات فلنجی
۱۲۹	۱-۲-۳-۴- تبدیل فلنجی
۱۳۰	۲-۲-۳-۴- تبدیل فلنجی مکانیکی
۱۳۱	۳-۳-۴- اتصالات انتقالی
۱۳۲	۴-۳-۴- اتصالات زمینی مکانیکی
۱۳۲	۵-۳-۴- بست های تسمیری

فصل پنجم

۱۳۵	۵- بازرسی، آزمون و ملاحظات ایمنی
۱۳۶	۱-۵- جابجایی و انبار کردن
۱۳۶	۲-۵- بازرسی مواد ورودی
۱۳۶	۳-۵- بسته بندی محصول
۱۳۹	۴-۵- بررسی سفارش
۱۳۹	۵-۵- بازرسی بار
۱۳۹	۶-۵- گزارش دریافت کالا و اعلام میزان خسارت
۱۴۰	۷-۵- دستور العمل تخلیه
۱۴۰	۸-۵- شرایط مکان تخلیه
۱۴۰	۹-۵- تجهیزات جابجا کننده
۱۴۲	۱۰-۵- تخلیه سازه های بزرگ از تریلر
۱۴۲	۱۱-۵- انبار پیش ساخته
۱۴۳	۱۲-۵- پرتوهای فرا بنفش و هوازدگی
۱۴۴	۱۳-۵- فعالیت در هوای سرد
۱۴۴	۱۴-۵- ملاحظات عمومی در هنگام نصب

- ۱۵-۵- بازرسی و آزمون ----- ۱۴۷
- ۱۶-۵- تعمیر و باز سازی ----- ۱۵۹

فصل ششم

- ۶- استانداردها و مشخصات لوله‌های پلی اتیلن ----- ۱۶۳
- ۱-۶- مقدمه ----- ۱۶۳
- ۲-۶- طبقه بندی انواع گریدهای پلی اتیلن ----- ۱۶۴
- ۱-۲-۶- حداقل استحکام مورد نیاز (MRS) ----- ۱۶۴
- ۲-۲-۶- نسبت ابعادی استاندارد (SDR) ----- ۱۶۷
- ۳-۶- طبقه بندی پلی اتیلن بر اساس استاندارد ASTM ----- ۱۶۹
- ۴-۶- مشخصات پلی اتیلن بر اساس استاندارد ISO و EN ----- ۱۷۵
- ۵-۶- سایر استانداردها ----- ۱۸۰
- ۶-۶- استانداردهای ملی ----- ۱۸۰

فصل هفتم

- ۷- لوله گذاری لوله‌های پلی اتیلن ----- ۱۸۵
- ۱-۷- مقدمه ----- ۱۸۵
- ۲-۷- تنوری نصب و لوله گذاری ----- ۱۸۷
- ۳-۷- روش لوله گذاری ----- ۱۹۲
- ۴-۷- نصب لوله‌های رو زمینی ----- ۱۹۷
- ۱-۴-۷- محدودیت‌های نصب لوله‌های رو زمینی ----- ۲۰۱
- ۵-۷- مطالعات موردی (شکسته شدن و خم شدن لوله پلی اتیلن) ----- ۲۰۵
- مراجع ----- ۲۱۳

پیوست‌ها

- پیوست ۱: جداول مقاومت شیمیایی رزین‌های لوله پلی اتیلن پر چگال ----- ۲۲۲
- پیوست ۲: فرآیند جوشکاری ذوبی سر به سر لوله‌ها و ... ----- ۲۲۹
- پیوست ۳: اتصالات و تبدیل‌های رایج در جوشکاری پلی اتیلن ----- ۲۴۵
- پیوست ۴: استاندارد لوله‌های پلی اتیلنی مورد استفاده در آبرسانی ----- ۲۵۴
- پیوست ۵: استاندارد سیستم‌های لوله‌کشی پلی اتیلنی در شبکه توزیع سوخت‌های گازی ----- ۲۷۴
- پیوست ۶: جداول تبدیل واحد ----- ۲۸۴

- واژه نامه ----- ۲۹۱
- علائم اختصاری ----- ۳۰۷
- نمایه ----- ۳۱۱