به نام خدا

۱۳۸۷/۲/۲۱

۹۳۸۷۷

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی عمران

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران

مکان یابی محل نشت در لوله های تحت فشار

۱۳۸۷/۲/۲۱

استاد راهنما :

دکتر محمد جواد خانجانی

مؤلف :

محمود صادقی گوغری

شهریور ۸۶

۹۳۸۷۷

دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

گروه مهندسی عمران

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی‌شود.

دانشجو: محمود صادقی گوغری

استاد راهنما: دکتر محمد جواد خانجانی

داور۱: دکتر غلامعباس بارانی

داور۲: دکتر مسعود رضا حسامی

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی یا نماینده دانشکده: دکتر محمد حسین باقری پور

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

تقدیر و تشکر:

سپاس و ستایش حکیم راستین و دانای حقیقی را که ره توشه دانش در کوله بار اشرف آفریدگان خویش نهاد و با کرامت علم الاسماء، او را شایستگی مقام خلیفه الهی ارزانی داشت. سپاس همه معلمان صدیق راهنمایان پاک بشر را که ظلمت جهل و کوره راه شقاوت به شاهراه علم و حقیقتش رهنمون گشتند. سپاس همه آنان را که خوشه چین معرفتشان بوده ایم و آموختن را به گونه ای مدیون فضل و کرم آنانیم. سپاس ویژه استادان گرامی که همواره با الطاف و عنایات وافر، اطلاعات وسیع خویش را از ایشان دریغ نداشته و از لغزش و خطا باز داشته اند.

چکیده

خطوط لوله در بسیاری از موارد از جمله انتقال مواد آلاینده و آتش زا و خطوط انتقال آب از اهمیت بسزایی در صنعت برخوردارند. بدیهی است که وجود نشتی در این خطوط به ویژه در مناطقی که از لحاظ زیست محیطی دارای حساسیت هستند می تواند خطرات زیادی برای موجوداتی که روی زمین زندگی می کنند، فراهم آورد و از طرفی هدر رفتن بخشی از مواد ارزشمند که جزو محصولات یا مواد اولیه ما هستند از لحاظ اقتصادی ناخوشایند است. بنابراین دو عامل اقتصادی و زیست محیطی انگیزه کافی برای مکان یابی محل نشت و رفع آن در ما ایجاد می کند. همین امر روشهای مختلفی برای پیدا کردن محل نشت بوجود آورده است. بطور خلاصه روش مکان یابی محل نشت در لوله به دو صورت امکانپذیر می باشد: الف- روش مشاهده مستقیم (عینی) ب- روش محاسبات استدلالی. در روش اول با دستگاههای ابزار دقیق، ضمن مشاهده می توان میزان و محل نشت را در طول لوله ردیابی و مورد بررسی قرار داد. در روش دوم با استفاده از مدلهای ریاضی و پارامترهای سیال (فشار و دبی)، میزان و محل نشت، در لوله را می توان حدس زد. در این پایان نامه بیشتر به روش دوم (استدلالی) جهت ردیابی محل نشت توجه گردیده، به طوری که پایه و اساس این روش بر تکنیک ردیابی محل عیب کابل، در فیلد مهندسی الکترونیک تحت عنوان روش اختلاف موج ثابت، استوار است. یعنی اینکه ابتدا توسط یک محرک سینوسی امواج فشار، در انتهای لوله ایجاد و در اثر نشت و امواج ضمنی موجود، شرایط تشدید در لوله فراهم می گردد. با در نظر گرفتن امپدانس هیدرولیکی (نسبت فشار به دبی) در طول لوله تحت فشار، به عنوان تابع اصلی انتخاب و به دو روش مشخصه و امپدانس اعداد مختلط اقدام به حل چند مثال عددی نموده و درستی آن را به اثبات می رسانیم.

فهرست

عنوان	صفحه
فهرست اشکال	
فصل اول	
۱-۱- مقدمه	۱۰
فصل دوم: روش مشاهده مستقیم	
۲-۱- مقدمه	۱۴
۲-۲- روش های چشمی	۱۴
۲-۲-۱- مقدمه	۱۴
۲-۲-۲- بازرسی پروبها	۱۵
۲-۳- روشهای فشاری و نشتی	۱۶
۲-۳-۱- مقدمه	۱۶
۲-۳-۲- تست هیدرواستاتیک	۱۷
۲-۴- روشهای فراصوتی	۱۷
۲-۵- روش هسته ای	۱۸
۲-۵-۱- مقدمه	۱۸
۲-۵-۲- رادیواکتیوی که نشت یابی می کند.	۱۸
فصل سوم: روش های استدلالی	
۳-۱- مقدمه	۲۱
۳-۲- معادلات اساسی حاکم بر سیالات	۲۱
فصل چهارم: روش مشخصه	
۴-۱- مقدمه	۲۶
۴-۲- معادله حرکت	۲۶
۴-۳- معادله پیوستگی	۲۷
۴-۴- حل به روش مشخصه	۲۷
۴-۵- حل به کمک کامپیوتر	۲۹
۴-۵-۲- شرایط مرزی که در بالادست مخزن باشد.	۳۰
۴-۵-۳- مشخصه شیر ابتدایی	۳۱
۴-۵-۳-۱- شرایط مرزی وقتی که شیر در پایین دست قرار دارد.	۳۲
۴-۵-۳-۲- شیر خطی	۳۴
۴-۵-۳-۲-الف- وقتی که در طول لوله نشتی نباشد.	۳۵

۴-۵-۳-۲-ب- وقتی که در طول لوله نشتی وجود داشته باشد. ۳۷
۴-۵-۳-۳- شیر غیر خطی (سینوسی) ۳۷
۴-۵-۴- تعیین محل نشتی به روش مشخصه (شیر غیر خطی) ۴۱
۴-۵-۴-۱- محل نشت حد فاصل ابتدای لوله تا نصف طول لوله $(X < L/2)$ ۴۲
۴-۵-۴-۲- انطباق محل نشت با نصف طول لوله $(X = L/2)$ ۴۶
۴-۵-۴-۳- محل نشت حد فاصل نصف طول لوله تا انتهای لوله $(X > L/2)$ ۴۷

فصل پنجم: نشت یابی به روش امپدانس مختلط

۵-۱- مقدمه ۵۱
۵-۲- معادلات اساسی حاکم ۵۱
۵-۳- ارتباط ثابت انتشار ۵۴
۵-۴- شکل خاص امپدانس مختلط ۵۶
۵-۴-۱- شرایط مرزی امپدانس مختلط ۵۷
۵-۵- تئوری روش اختلاف موج ثابت (SWDM) ۵۹
۵-۶- حل به کمک کامپیوتر ۶۲
۵-۷- شیر غیر خطی ۶۲
۵-۸- تعیین محل نشتی (تک نشتی) ۶۳
۵-۸-۱- محل نشت حد فاصل ابتدای لوله تا نصف طول لوله $(X < L/2)$ ۶۴
۵-۸-۲- انطباق محل نشت با نصف طول لوله $(X = L/2)$ ۶۵
۵-۸-۳- محل نشت حد فاصل نصف طول لوله تا انتهای لوله $(X > L/2)$ ۶۶
۵-۹- دو نشتی ۶۸

فصل ششم: بحث و نتایج

۶-۱- مقدمه ۷۴
۶-۲- نتایج حاصل از تحلیل نشت در طول لوله با استفاده از روش مشخصه ۷۴
۶-۳- نتایج حاصل از تحلیل نشت در طول لوله با استفاده از امپدانس مختلط ۷۴
نتیجه گیری ۷۶
مراجع ۷۷
Abstract ۷۸

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
۳-۱: دیاگرام جسم آزاد برای بدست آوردن حرکت	۲۲
۳-۲: حجم کنترل برای بدست آوردن معادله پیوستگی	۲۳
۴-۱: شبکه مربعی به روش مشخصه برای آنالیز جریان در طول یک لوله	۳۰
۴-۲: دبی (φ) در انتهای لوله نسبت به زمان (T)	۳۴
۴-۳: فشار هیدرولیکی (H) در انتهای لوله نسبت به زمان (T) برای حالتی که شیر به صورت خطی بسته شود.	۳۵
۴-۴: دبی (φ) در انتهای لوله نسبت به زمان (T)	۳۵
۴-۵: فشار هیدرولیکی (H) در انتهای لوله نسبت به زمان (T) برای حالتی که شیر به صورت خطی بسته شود.	۳۶
۴-۶: فشار هیدرولیکی (H) در انتهای لوله نسبت به زمان (T) برای حالتی که شیر به صورت خطی بسته شود (محل نشت در فاصله $X = 2300$ از ابتدا قرار دارد.)	۳۷
۴-۷: دبی خروجی (φ) نسبت به زمان (T) برای دو حالت مختلف سرعت زاویه ای (ω_1, ω_2)	۳۸
۴-۸: فشار هیدرولیکی (H) نسبت به زمان (T) برای دو حالت مختلف سرعت زاویه ای (ω_1, ω_2)	۳۹
۴-۹: امپدانس هیدرولیکی (Z) نسبت به زمان (T) برای دو حالت مختلف سرعت زاویه ای (ω_1, ω_2)	۴۰
۴-۱۰: امپدانس هیدرولیکی (Z) در محل شیر نسبت به سرعت زاویه ای (ω)	۴۱
۴-۱۱: خط لوله متصل به مخزن برای حالت تک نشتی $(X < L/2)$	۴۲
۴-۱۲: امپدانس هیدرولیکی (Z) در محل شیر نسبت به سرعت زاویه ای (ω) برای تک نشتی $(X = 200m)$	۴۳
۴-۱۳: امپدانس هیدرولیکی (Z) در محل شیر نسبت به سرعت زاویه ای (ω) برای تک نشتی $(X = 280m)$	۴۴
۴-۱۴: امپدانس هیدرولیکی (Z) در محل شیر نسبت به سرعت زاویه ای (ω) برای تک نشتی $(X = 1300m)$	۴۵
۴-۱۵: خط لوله متصل به مخزن برای حالت تک	۴۶

نشتی $(X = L/2)$
۴-۱۶: امپدانس هیدرولیکی (Z)در محل شیر نسبت به سرعت زاویه ای (ω)برای تک نشتی $(X = 500m)$ ۴۷
۴-۱۷: خط لوله متصل به مخزن برای حالت تک نشتی $(X > L/2)$ ۴۷
۴-۱۸: امپدانس هیدرولیکی (Z)در محل شیر نسبت به سرعت زاویه ای (ω)برای تک نشتی $(X = 750m)$ ۴۸
۴-۱۹: امپدانس هیدرولیکی (Z)در محل شیر نسبت به سرعت زاویه ای (ω)برای تک نشتی $(X = 830m)$ ۴۹
۵-۱: محل قرار گرفتن Wدر مختصات اعداد مختلط ۵۵
۵-۲: شرایط مرزی امپدانس مختلط برای اتصال دو لوله به صورت سری ۵۸
۵-۳: محل انشعاب لوله فرعی از لوله اصلی ۵۹
۵-۴: نسبت ارتفاع هیدرولیکی در طول لوله به فرکانس بدون بعد ۶۱
۵-۵: متد درکی فرکانس پاسخگو در محل شیر (تبدیل سری فوریه) ۶۲
۵-۶: امپدانس هیدرولیکی (Z)در محل شیر نسبت به سرعت زاویه ای (ω)وقتی که شیر به صورت غیر خطی باز و بسته شود. ۶۳
۵-۷: خط لوله متصل به مخزن برای حالت تک نشتی ۶۴
۵-۸: امپدانس هیدرولیکی (Z)در محل شیر نسبت به سرعت زاویه ای (ω)برای تک نشتی $(X = 200m)$ ۶۵
۵-۹: امپدانس هیدرولیکی (Z)در محل شیر نسبت به سرعت زاویه ای (ω)برای تک نشتی $(X = 500m)$ ۶۶
۵-۱۰: امپدانس هیدرولیکی (Z)در محل شیر نسبت به سرعت زاویه ای (ω)برای تک نشتی $(X = 830m)$ ۶۷
۵-۱۱: امپدانس هیدرولیکی (Z)در محل شیر نسبت به سرعت زاویه ای (ω)برای تک نشتی $(X = 800m)$ ۶۸
۵-۱۲: خط لوله متصل برای حالتی که دو نقطه نشتی وجود داشته باشد. ۶۹
۵-۱۳: امپدانس هیدرولیکی (Z)در محل شیر نسبت به سرعت زاویه ای (ω)برای حالت وجود دو نقطه نشت در لوله $(x_1 = 700m \;\&\; x_2 = 250m)$ ۷۰

۵-۱۴: امپدانس هیدرولیکی (Z) در محل شیر نسبت به سرعت زاویه ای (ω) برای حالت وجود دو نقطه نشت در لوله $(x_1 = 20m \,\&\, x_2 = 200m)$ ۷۱

۵-۱۵: امپدانس هیدرولیکی (Z) در محل شیر نسبت به سرعت زاویه ای (ω) برای حالت وجود دو نقطه نشت در لوله $(x_1 = 20m \,\&\, x_2 = 200m)$ ۷۲

فصل اول

۱-۱- مقدمه

انتقال سیال توسط شبکه لوله یا خط لوله انجام می شود. وجود نشت از این خطوط به ویژه در مناطقی کـه از لحاظ زیست محیطی دارای حساسیت هستند، می تواند خطرات زیادی فراهم آورد. از طرفی هدر رفتن بخشی از مواد ارزشمند که جزو محصولات یا مواد اولیه هستند، از نظر اقتصادی نیز ناخوشایند است. بطور کلی نتـایج وجود نشتی عبارتند از: آلودگی محیط زیست، ایجاد مسمومیت در انسان و دیگر موجودات زنده، انفجـار، هـدر رفتن مواد ارزشمند، هزینه تمیز کردن محیط زیست، هزینه تعمیر و تعویض خط لولـه، اتـلاف وقـت و جـرایم احتمالی قانونی، بنابراین دو عامل اقتصادی و محیط زیست انگیزه کافی برای رفع چنین مشکلی را ایجـاد مـی کند.

عواملی که باعث ایجاد نشتی می شوند عبارتند از: فرسودگی و خوردگی لوله ها و مخازن، عوامل محیطی مثـل سرما، یخبندان، گرما و...، همچنین خسارت های عمدی و سهوی و نیز عملیات خـارج از محـدوده ی طراحـی که ممکن است به لوله ها و مخازن آسیب برساند. فرسودگی لوله ها و مخازن یک عامل طبیعی است. خوردگی نیز معمولاً به خاطر وجود مواد خورنده یا سیالات سـاینده بـه وجـود مـی آیـد. عوامـل محیطـی مثـل سـرما، یخبندان، گرما و... نیز از عوامل طبیعی هستند که در پدیده ی نشتی موثرنـد. خـسارت هـای عمـدی معمـولاً شامل عملیات خرابکارانه که ممکن است به خاطر مسایل سیاسی و جنگ به وجود آید. خـسارت هـای سـهوی نیز ممکن است به وسیله ی برخورد اشیاء یا چیزهای دیگر و یا در اثر حفاری به وجود آیـد. عملیـات خـارج از محدوده ی طراحی نیز یکی از عوامل آسیب به لوله هاست. زیرا هر خط لوله برای محدوده ی خاصـی از دمـا و فشار طراحی شده و اگر عملیات، در خارج از این محدوده انجام شود باعث ایجاد خرابی در خط لوله می شـود. از جمله در کشور ایران حدود ۱۲ هزار کیلومتر خط لوله انتقال نفت وجود دارد که در حدود ۴۰ سـال از عمـر آنها می گذرد. این خطوط از مناطق نمکزار یا مسیر رودخانه ها عبور می کنند کـه همـین موضـوع منجـر بـه نازک شدن دیواره لوله ها شده است. همچنین فشار بالای نفت و گازوئیل در لوله سبب صدمه دیدن یا پـارگی قسمتهایی از لوله می شود. در صورت بروز این مشکل هزاران لیتر ماده نفتی هدر می رود.

امروزه سیستم های نشت یابی بسیار متنوعی ارائه شده است که هر کدام با استفاده از تکنیکی خاص سـعی در یافتن دقیق و سریع این پدیده دارند. بسیاری از این سیستم ها بسیار ساده و برخی هم سیستم هـای پیچیـده

ای هستند. اما هنوز هیچ کدام از این سیستم ها نتوانسته اند به طور کامل همه ی انتظارات را برآورده کنند. این سیستم ها عبارتند از: تشخیص نشتی توسط افراد و با استفاده از حواس پنجگانه و یا مشاهده اثراتی که مواد شیمیایی در پیرامون خود دارند. اما هیچکدام از روشهای فوق نمی توانند به صورت کاملا دقیق و سریع کار نشت یابی را انجام دهند و اگر از نظر تئوری بخواهیم بحث کنیم منشا اصلی نشت از زمانی آغاز شد که اویلر (Euler) توانست معادله دیفرانسیل زیر را برای انتشار امواج الاستیک ارائه نماید (Chaudhry,1979).

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = C_0{}^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \quad \text{.....(۱-۱)}$$

او همچنین توانست که جواب عمومی $y = F(x+at) + f(x-at)$ را برای حل این معادله دیفرانسیل ارائه دهد که در آن F وf امواج رفت و برگشتی می باشند. کورت وگ(Korteweg) اولین کسی بود که سرعت موج را با توجه به کشسان بودن جدار لوله و همچنین کشسان بودن سیال بدست آورد. در حالی که محققین پیش از او تنها یکی از موارد را در آن واحد مورد بررسی قرار می دادند. در سال ۱۸۹۷ ژورکوفسکی(Joukowsky) آزمایشات زیادی بر روی لوله هایی با طولها و قطرهای متفاوت انجام داد (Chaudhry, 1979).

او فرمولی برای محاسبه سرعت موج با در نظر گرفتن حالت کشسانی آب و جدار لوله بدست آورد. وی همچنین توانست با استفاده از اصل بقای انرژی و شرایط پیوستگی رابطه ای مابین کاهش سرعت و افزایش فشار ناشی از آن را بدست آورد و اثرات مخازن تحت فشار، مخزن موج گیر و شیرهای اطمینان بر روی فشار ناشی از ضربه قوچ را مورد مطالعه نیز قرار داد. پارکر و جانز(Parker and Jones) در سال ۱۹۹۰ روش جدیدی برای جدا کردن موج رفت و برگشتی برای جریان در حالت یک بعدی پیدا کردند که بر اساس آنالیز جریان بصورت غیر خطی بود. ولی آنها فرض کردند که موج رفت و برگشتی در هنگام برخورد با هم بصورت خطی جمع می شوند. بعدها پیتود (Pythoud) در سال ۱۹۹۶ آنالیز کاملا غیر خطی را انجام داد. نتیجه تحقیقات او نشان داد که تفاوت بین آنالیز کاملا غیر خطی و آنالیزی که توسط پارکر و جانز انجام شده است، کم می باشد (Ghidaoui & Mansour, 2002).

ای، جی والر روش امپدانس را در سال ۱۹۵۹ ارائه و در سال ۱۹۶۵ توسط ای، بی وایلی در مورد شبکه های

لوله ای پیچیده به اثبات رساند.

از اواخر قرن بیستم با شروع سیستمهای انتقال مواد نفتی تکنیکهای کشف نشتی پیشرفت چشم گیری داشته که عناوین برخی از آنها به شرح زیر می باشد (Covas & Ramos & Almeida, 2005):

۱. روشهای مشاهده مستقیم

۲. روشهای حدسی استدلالی

Covas در سال ۲۰۰۵ روش امپدانس مختلط را بوسیله سری فوریه برای ردیابی محل نشت ارائه نموده است.

در این پژوهش سعی شده ردیابی محل نشت به دو روش مشخصه و امپدانس مختلط بدون در نظر گرفتن سری فوریه به اثبات برسانیم. بر اساس مدل سازی ریاضی که بر پایه نوسان کننده پایدار و با استفاده از تئوری امپدانس هیدرولیکی محل نشت را تجزیه و تحلیل نموده، سپس با حل چند مثال عددی و مقایسه این روش با روشهای دیگر درستی آن را به اثبات می رسانیم.

فصل دوم

روش های مشاهده

مستقیم

۲-۱- مقدمه

برای نشت یابی به روش مشاهده مستقیم در خطوط لوله روشهای متعددی وجود دارد که بعضی از آنها به صورت پیوسته و برخی نیز به طور غیر پیوسته کار نشت یابی را در لوله ها انجام می دهند. به وسیله حواس پنج گانه و دستگاههای ابزار دقیق ضمن مشاهده می توان میزان و محل نشت را در طول لوله ردیابی و مورد بررسی قرار داد. در این روشها می توان از سیستمهایی از جمله: تشخیص نشتی توسط افراد و با استفاده از حس بویایی، شنوایی، بینایی یا مشاهده ی اثراتی که مواد شیمیایی در پیرامون خود دارند، یا سیستم هایی که با اضافه کردن مواد معطر کار نشت یابی راانجام می دهند، یا سیستم های موازنه ی جریان، سیستم های صوتی، نصب سنسورهای پیزو الکتریک، سیستم های نمایش بخار، سیستم های نمایش کابلی، سیستم های لوله کشی دو جداره و ... اما هیچ کدام از روش های فوق نمی توانند به صورت کاملاً دقیق و سریع کار نشت یابی را انجام دهند (Barry & Vernon, 1998).

۲-۲- روشهای چشمی

۲-۲-۱- مقدمه

آزمون نشت معمولاً با بازرسی چشمی آغاز می گردد. هر چند چشم غیر مسلح فقط نشتی های بزرگ را سطح تشخیص می دهد. ولی درجه کارآیی این آزمون را می توان با بهره گیری از میکروسکوپ افزایش داد. بزرگنمایی لازم معمولاً زیاد نبوده و بیشتر میکروسکوپ های متداول برای این منظور، بزرگنمایی در محدوده $x5$ تا $x75$ دارند.

بازرسی چشمی به آزمایش سطح بیرونی محدود نشده و می توان با بکارگیری پروبها که هر دو نوع صلب و خم شدنی که این روزها متداول شده سطوح درونی را نیز بررسی کرد. این پروبها را می توان در حفره ها، لوله ها و مجاری جا داده و آنها را بازرسی نمود (Barry & Vernon, 1998).

۲-۲-۲- بازرسی پروبها

بازرسی پروبها، برای بازدید چشمی درون لوله ها، مجاری، حفره ها و دیگر محفظه هایی که دسترسی بـه آنهـا مشکل است بسیار کارساز می باشند.

بخشهای اصلی یک پروب عبارتند از: دربردارنده عدسی شیئی، عدسی چشمی و سیستم روشن کننـده توسـعه سیستم های الیاف نوری امکانات وسیعی را در زمینه طراحی و ساخت پروبها فراهم ساخته است. پروبها بـه دو گروه کلی پروبهای صلب و قابل انعطاف تقسیم می شوند، که در هر یک از این گروهها انواع مختلفـی از پروبهـا بر حسب اندازه و طرح قرار می گیرند. یک پروب در حقیقت یک سیستم نوری است، که عدس چشمی در یک انتهای آن قرار گرفته و پرتوهای نورانی از طریق کلافی از رشته نوری به نقطه مورد بازرسی هدایت مـی شـوند مجموعه سیستمهای نوری و انتقال روشنایی، درون یک لوله فولاد ضد زنگ، قرار مـی گیرنـد. نـور معمـولاً از یک شبکه انرژی الکتریکی با شدت قابل تغییر و یا لامپهای هالوژنی کوارتز که با باطری کار می کننـد، تـامین شده و بوسیله هدایت کننده رشته ای به پروبها منتقل می گردد (Barry & Vernon, 1998).

پروبها در اندازه های گوناگون، که قطر لوله کوچکترین آنها ۲ میلیمتر یا کمتر و قطر لوله بزرگتریـنشان ۱۵ تـا ۲۰ میلیمتر است، ساخته می شوند.

بزرگترین طول مفید یا طول کار یک پروب، عبارتست از دامنه ای که می توان آنرا درون محفظـه آزمـون قـرار داد، این کمیت ثابت نبوده و بر حسب قطر پروب تغییر می کند. هر چنـد کـه پروبهـا بـا قطـر هـا و طولهـای مختلف عرضه می شوند ولی کمترین طول مفید پروب با قطر ۲ میلیمتر، در حـدود ۱۵۰ میلیمتـر مـی باشـد، همچنین کمیت برای پروب که قطرش ۸ میلیمتر است می تواند تا ۲ متر هم افـزایش یابـد طـول کـار پروبهـا قطورتر تا ۴ یا ۵ متر هم قابل افزایش می باشد. لیکن باید توجه داشت که تجاوز طول مفید پـروب از ۵ متـر ، حتی برای پروبها قطور تر عملی نمی باشد. زیرا اینکار کاهش چشمگیر کیفیت تصویر مشاهده شده بـا عدسـی چشمی را در پی خواهد داشت (Barry & Vernon, 1998).

بازرسی پروبها ممکن است به نحوی طراحی شوند، که رویت موضع بازرسی در امتداد محور آنها و یـا بـا زاویـه ای نسبت به آن امکانپذیر باشد. برخی از زوایای مشاهده که از طرف سازندگان این ابزارهـا بکـار گرفتـه شـده عبارتند از ۱۵°، ۶۰°، ۸۰°، ۹۰° ، ۱۲۰° بعلاوه می توان سیستم عدسی شـیئی را بنحـوی طراحـی کـرد کـه

میدان دید حاصل از آن باریک، متوسط و یا گسترده باشد.

همچنین می توان از دستگاههای استفاده کرد که زاویه دید آنها بوسیله منشورهای قابل تنظیم تغییر پذیر باشد. اینکار تنها برای پروپهایی عملی است، که قطر آنها از ۸ میلی متر بیشتر باشد.

پروبهای صلب ابزارهای بسیار کارسازی بشمار می آیند، ولی مانند هر ابزار دقیق دیگری باید بسیار با احتیاط جابجا شوند. و گرنه، بخصوص انواع باریکتر آنها، به سادگی معیوب خواهند شد (Barry & Vernon, 1998).

کارآیی و تطبیق پذیری بازرسی پروپها با استفاده از پروپهای قابل انعطاف، افزایش می یابد. ابزارهای از این نوع، از یک هدایت کننده رشته ای تصویر هم فاز و یک هدایت کننده رشته ای روشنایی جداگانه، که هر دو درون یک کابل پلاستیکی قابل انعطاف و با غلافی فلزی به هم بافته، قرار گرفته اند تشکیل شده است. قطر بیرونی پروپهای یاد شده معمولاً بین ۴ تا ۱۵ میلی متر و طول مفید آنها تا ۳ متر می باشد. پروبهای قابل انعطاف معمولاً طوری طراحی می شوند که دید موضع بازرسی، در راستای پروب و یا امتداد 90° با آن باشد.

پروبها در حقیقت به عنوان گسترش دهنده، قابلیت بازرسی با چشم را دارند، و با بکارگیری آنها می توان مناطقی ازنشتی را که دیدنش بدون استفاده از این پروبها نیاز به باز کردن و حتی خرد کردن لوله را دارد، رویت نمود. از تصویر ایجاد شده در انتهای عدسی چشمی یک پروب، می توان عکسبرداری کرده و به تصویری دائمی دست یافت. همچنین، می توان به جای عدسی چشمی از دوربین تلویزیونی استفاده کرده و تصویر حاصل را بر صفحه یک تلویزیون مشاهده نمود (Barry & Vernon, 1998).

۲-۳- روشهای فشاری و نشتی

۲-۳-۱- مقدمه

در این روش برای مشخص کردن نقص، از حرکت گازها و مایعات و عبور آنها در طول لوله مورد بحث، استفاده می گردد. ساده ترین و متداولترین نوع از این روشها روش هیدرواستاتیک می باشد که در آن فشار داخل لوله مورد تست از فشار بیرون بیشتر می گردد. برای ایجاد این فشار می توان از گاز، روغن، آب و یا هوا استفاده کرد. وجود نشت را می توان با استفاده از تراوش مایع و یا گاز بکار برده شده و یا از تغییر فشار داخل لوله

مشخص کرد. همچین برای پی بردن محل نشت می توان از تشکیل حباب در محل نشت استفاده نمود (Barry & Vernon, 1998).

۲-۳-۲- تست هیدرواستاتیک

این تست اغلب برای امتحان جوش محفظه های فشار لوله ها، شیرها و قسمتهایی که در محل اتصال روی هم جفت می شوند، مورد استفاده قرار می گیرد. برای این منظور محفظه ای را با آب و با فشاری بیشتر از فشاری، که می خواهد مورد استفاده قرار گیرد، پر کرده و نفوذ آنرا در خارج آن در روی مقداری از آب آهک که در روی سطح مالیده، شده می توان مشاهده نمود.

هنگامی که در این روش از هوا استفاده می شود، محفظه را از هوا پر کرده و ومحل نقص را با استفاده از محلول آب صابون که در سطح خارجی نمونه اعمال می شود و یا با قرار دادن محفظه در داخل آب می توان پیدا کرد. در این روش، از معرفهای شیمیایی استفاده می شود. محل نشت با استفاده از محلول و یا گازی که از نظر شیمیایی نسبت به گاز داخل محفظه حساس می باشد معین می گردد. متداولترین متد استفاده از آمونیاک و فنل فتالئین می باشد. در این حالت محل جوش را تمیز کرده و فنل فتالین روی آن می مالند، بداخل محفظه مخلوطی از هوا و آمونیاک فرستاده شده نفوذ گاز از نشت باعث تغییر رنگ معرف (فنل فتالین از سفید به سبز پر رنگ) می گردد (Barry & Vernon, 1998).

۲-۴- روشهای فراصوتی

یکی از روشهای پی بردن به وجود نقص در یک لوله عبارت است از: ضربه زدن به آن و مقایسه صدای ایجاد شده و منتقل شده، در لوله با یک لوله سالم مثلاً صدای ایجاد شده در نمونه فولادی که دارای ترک می باشد نسبت به صدای مشابه در یک نمونه سالم بم و ناموزون خواهد بود. این روش معاینه فقط می تواند برای پیدا کردن نقصهای بزرگ مورد استفاده قرار گیرد. زیرا طول موج امواج صوتی که در این روش در لوله القا می شود نسبت به ابعاد نقصهای معمولی بزرگ بوده و در نتیجه امواج از اطراف نقص، عبور کرده و وجود آن را نشان خواهد داد (Barry & Vernon, 1998).

کوششهای زیادی برای بهبود کاربرد این روش بکار رفته و با پیشرفت این روشهای، امواج با طول موج کوچک (ماوراء صوتی) می توان در حال حاضر نقصهای کوچک را مورد مطالعه قرار داد و این متد به خاطر این که فلزات دارای خواص الاستیک خوبی هستند، می توانند با ایجاد ارتعاش در آنها مورد استفاده قرار گیرد. در این صورت در نقاطی که ناپیوستگی وجود دارد ایجاد پراکندگی و یا انعکاس پدیدار خواهد شد (Barry & Vernon, 1998).

۲-۵- روش هسته ای

۲-۵-۱- مقدمه

بتازگی به همت محققان سازمان انرژی اتمی ایران ، سیستم هسته ای برای کاربرد در خطوط لوله های انتقال نفت به منظور تعیین نشت در این خطوط با استفاده از رادیو ایزوتوپ برم ۸۲، طراحی و ساخته شده است.

نشتی در لوله ها بخصوص لوله هایی که تحت فشار هستند، یکی از مسائل بسیار مهم است.

در سیستم هسته ای نشت یاب، خطوط لوله های انتقال نفت که به همت متخصصان مرکز تحقیقات هسته ای سازمان انرژی اتمی ایران طراحی و ساخته شده، علاوه بر دقت و حساسیت بسیار بالا و تشخیص از فاصله۲ تا ۳ متری ، هیچ گونه نیازی به قطع جریان نفت درون لوله ها نیز وجود ندارد (نجم آبادی, ۱۳۷۷).

۲-۵-۲- رادیواکتیوی که نشت یابی می کند.

سیستم هسته ای به منظور کاربرد در خطوط لوله های انتقال نفت و تعیین نشت در آنها با استفاده از رادیوایزوتوپ برم ۸۲ طراحی و ساخته شده است. این سیستم از یک سری قطعات الکترونیکی مکانیکی، یک باتری و یک دتکتور (جستجوگر) تشکیل شده که طول آن حدود ۱۲۰سانتی متر است و قطر آن نیز با توجه به قطر خطوط لوله ها به وسیله هدایت کننده های لاستیکی تغییر می کند.

عملکرد این سیستم اینطور است که در ابتدای مسیر خط، دستگاه داخل لوله قرار می گیرد و با سرعت حدود ۵ کیلومتر در ساعت یعنی با سرعتی برابر با سرعت ماده نفتی درون لوله تا مقصد حرکت می کند و در این مرحله، تنها به شناسایی خط لوله می پردازد (نجم آبادی, ۱۳۷۷).