



بررسی تجربی فرآیند گذر احتراق آشفته به انفجار

نگارش:

رسول قاسمی جوجیلی

استاد راهنما: دکتر شعبان علیاری

استاد مشاور: دکتر ناصر شایگان

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی

خردادماه ۱۳۹۰

صلى الله عليه وسلم

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب رسول قاسمی جوجیلی متعهد می شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آن استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و ماخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارایه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شهید رجایی می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو

امضاء



بررسی تجربی فرآیند گذر احتراق آشفته به انفجار

نگارش:

رسول قاسمی جوجیلی

استاد راهنما: دکتر شعبان علیاری

استاد مشاور: دکتر ناصر شایگان

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی مکانیک-تبدیل انرژی

خردادماه ۱۳۹۰

شماره: ۱۱۹۰۹۵۴۸

تاریخ: ۹۰/۳/۲۲

پیوست:



دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی

تجسس

صور تجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای رسول قاسمی جوجیلی رشته مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی تحت عنوان بررسی تجربی فرآیند گذر احتراق آشفته به انفجار، که در تاریخ ۹۰/۳/۱۰ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه تربیت مدرس شهید رجایی برگزار گردید و نتیجه به شرح زیر اعلام گردید.

قبول (بدرجه بسیار خوب) امتیاز ۱۸/۲۰ دفاع مجدد مردود.

۱ - عالی (۱۸ - ۲۰)

۲ - بسیار خوب (۱۶ - ۱۷/۹۹)

۳ - خوب (۱۴ - ۱۵/۹۹)

۴ - قابل قبول (۱۲ - ۱۳/۹۹)

اعضاء	نام و نام خانوادگی	مرتبۀ علمی	امضاء
استاد راهنما	دکتر شعبان علیاری	استادیار	
استاد مشاور	دکتر ناصر شایگان	استادیار	
استاد داور داخلی	دکتر کامران مبینی	استادیار	
استاد داور خارجی	دکتر کوروش جواهرده	استادیار	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر غلامحسن پایگانه	استادیار	

دکتر غلامحسن پایگانه

رئیس دانشکده مهندسی مکانیک

تهران، لویزان، کدپستی: ۱۵۸۱۱ - ۱۶۷۸۸
صندوق پستی: ۱۶۳ - ۱۶۷۸۵
تلفن: ۹ - ۲۲۹۷۰۰۶۰ - ۲۲۹۷۰۰۳۳ فکس
Email: sru@sru.ac.ir
www.srttu.edu

تقدیم بہ:

بہترین ماہی زندگیم

پدر و مادرم بہ پاس فداکاری ہایشان

ویار ویاورم، ہمسر مہربانم

قدر دانی و تشکر

با سپاس و حمد فراوان خداوند بزرگ و بلند مرتبه را که قلم و اندیشه را آفرید. اکنون که با لطف خداوند می توانم در چند خطی سپاسگزار کمک و زحمات بزرگوارانی باشم که مرا در انجام این پژوهش یاری نمودند، جا دارد از تلاش‌های استاد ارجمندم آقای دکتر شعبان علیاری به خاطر راهنمایی‌ها و زحماتشان که در تمام مراحل پژوهش نهایت لطف و محبت خویش را شامل حال من کردند کمال تشکر و قدرانی را داشته باشم.

همچنین از استاد محترم آقای دکتر ناصر شایگان استاد مشاور این پژوهش، آقای دکتر مبینی مدیر گروه رشته تبدیل انرژی و نیز از آقایان مهندس آرمان، مهندس انصاری و مهندس میرزاوند که در مراحل ساخت و انجام آزمایشات مرا کمک نمودند تشکر می‌نمایم.

جا دارد از خانواده گرامیم، پدر، مادر و همسر، دوستان عزیزم به خصوص آقای امین مرادی و همکارانم در مدرسه امامت از جمله آقای قیداری و بهادری که مرا تشویق و حمایت نمودند و همه عزیزانی که مرا در انجام این پژوهش یاری نمودند نهایت تشکر و قدرانی داشته باشم. برای کلیه این بزرگواران آرزوی سلامتی و سربلندی و توفیق روز افزون مسئلت می‌نمایم.

چکیده پایان نامه

هدف از این بررسی مطالعه تجربی اثر فاصله^۱ بین صفحات ارفیس^۲ و نسبت انسداد^۳ بر پدیده گذر احتراق به انفجار^۴ در لوله هایی است که در بخشی از طول آنها صفحات ارفیس بکار رفته است. بدین منظور لوله انفجاری طراحی و ساخته شده است، طول لوله بکار رفته در این پژوهش ۳ متر و قطر داخلی آن ۱۰ سانتیمتر بوده، مخلوط مورد آزمایش متان، اکسیژن و نیتروژن (با ترکیب ۲۵ درصد متان، ۵۰ درصد اکسیژن و ۲۵ درصد نیتروژن) است. همه آزمایشها در فشار و دمای محیط انجام شده است. آزمایشها در سه نسبت انسداد $BR = 40\%$ ، $BR = 60\%$ و $BR = 70\%$ صورت گرفته است. فاصله بین صفحات ارفیس نیز از $S = 2\text{cm}$ تا $S = 6\text{cm}$ تغییر می کند. جهت ایجاد جرقه از یک شمع الکتریکی در انتهای لوله استفاده شده است. جهت تعیین محل وقوع پدیده گذر احتراق به انفجار از صفحات دود اندود استفاده شده است. نتایج نشان می دهند که وابستگی طول پیش از انفجار به فاصله بین موانع در نسبت های مختلف متفاوت است. در اکثر موارد با افزایش نسبت انسداد طول پیش از انفجار افزایش می یابد و میزان این افزایش در فواصل بین مانعی بزرگتر بیشتر است. همچنین در نسبت های انسداد پایین اثر فاصله بین موانع بر طول پیش از انفجار ناچیز می باشد.

واژه های کلیدی : احتراق، انفجار، آشفستگی، گذر.

-
- 1-Spacing
 - 2- Orifice Plates
 - 3- Blockage Ratio
 - 4- Deflagration to Detonation Transition

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل ۱ : طرح مسئله ی تحقیق
۲	۱-۱. مقدمه
۲	۱-۲. بیان مسئله تحقیق
۳	۱-۳. پرسش های تحقیق
۳	۱-۴. ضرورت و اهمیت تحقیق
۳	۱-۵. اهداف تحقیق
۴	۱-۶. سوالات یا فرضیه های تحقیق
۵	فصل ۲ : شناسایی فرایند گذر از احتراق به انفجار و پیشینه ی آن
۶	۲-۱. مقدمه
۷	۲-۲. شناسایی پدیده ی گذر احتراق به انفجار و عوامل تأثیر گذار بر آن
۷	۲-۲-۱. پدیده ی گذر احتراق آشفته به انفجار چیست؟
۹	۲-۲-۲. عوامل تأثیر گذار بر پدیده ی گذر احتراق آشفته به انفجار
۱۳	۲-۲-۳. مطالعات انجام شده در زمینه ی گذر احتراق به انفجار
۱۷	۲-۲-۴. مراحل پدیده ی گذر احتراق به انفجار
۱۸	۲-۳. شتاب گیری شعله در لوله ها
۱۸	۲-۳-۱. فرایند شتاب گیری شعله در لوله های صاف
۲۱	۲-۳-۲. طول پیش از انفجار
۲۲	۲-۳-۴. شتاب گیری شعله در لوله های با مانع
۲۲	۲-۳-۱. فرایند شتاب گیری شعله در لوله های با مانع
۲۴	۲-۳-۲. مشخصات رژیم های پخش شعله
۲۷	۲-۳-۵. آغاز انفجار
۲۷	۲-۳-۵-۱. روش های مختلف آغاز پدیده ی انفجار
۲۹	۲-۳-۵-۲. معیار آغاز انفجار در لوله های صاف
۳۱	۲-۳-۵-۳. معیار آغاز انفجار در لوله های با مانع
۳۳	۲-۳-۶. شرایط لازم برای وقوع گذر احتراق به انفجار
۳۶	فصل ۳ : مراحل طراحی و ساخت لوله انفجاری
۳۷	۳-۱. مقدمه
۳۷	۳-۲. تهیه نقشه لوله انفجاری
۳۸	۳-۳. مراحل ساخت لوله انفجاری

۴۸ نحوه انجام آزمایش	۳-۴
۵۰ فصل ۴ : نتایج حاصل از انجام آزمایشات	
۵۱ ۱-۴. مقدمه	
۵۲ ۲-۴. نتایج تأثیر فاصله‌ی بین موانع بر طول پیش از انفجار در هر نسبت انسداد به طور جداگانه	
۵۴ ۳-۴. نتایج بررسی تأثیرنسبت انسدادو فواصل بین مانعی بر طول پیش از انفجار	
۵۵ فهرست مقالات ارایه شده	
56 مراجع	

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۶	شکل ۲-۱: شماتیکی از فرآیند پیچیده DDT
۷	شکل ۲-۲: مراحلی از ایجاد فرایند DDT
۷	شکل ۲-۳: تصویری از مراحل سوختن، گذر به انفجار و انتشار موج انفجار
۸	شکل ۲-۴: شماتیکی از یک سیکل PDE
۹	شکل ۲-۵: اثر نوع سوخت بر زمان وقوع DDT در شرایط یکسان
۱۰	شکل ۲-۶: اثر نسبت هم ارزی بر زمان وقوع DDT
۱۰	شکل ۲-۷: تأثیر قطر لوله و در صد سوخت موجود در هوا بر طول پیش از انفجار
۱۱	شکل ۲-۸: زمان وقوع DDT در مخلوط هیدروژن-اکسیژن در فشار اولیه ۱۰۰ کیلو پاسکال
۱۱	شکل ۲-۹: زمان وقوع DDT در مخلوط هیدروژن-اکسیژن در فشار اولیه ۶۲/۵ کیلو پاسکال
۱۳	شکل ۲-۱۰: نمونه ای از ماریپیج شلکین
۱۴	شکل ۲-۱۱: تصویری از فرایند (explosion in the explosion) در مخلوط هیدروژن و اکسیژن که با استفاده از روش عکسبرداری شیلرین گرفته شده است
۱۴	شکل ۲-۱۲: تصویری از فرایند DDT در مخلوط هیدروژن - اکسیژن که با استفاده از روش عکسبرداری شیلرین گرفته شده است. فاصله ی زمانی بین قاب ها ۵μs و فاصله ی بین علائم نشان داده شده در پایین ترین شکل ۵cm می باشد.
۱۵	شکل ۲-۱۳: عکس های شیلرین از مراحل اولیه ی پخش شعله در ترکیبات مختلف از H2-air
۱۷	شکل ۲-۱۴: شماتیک گسترش لایه ی مرزی در جلوی یک شعله ی شتاب دار. منحنی های $v(x)$ نشان دهنده ی توزیع کیفی سرعت جریان در جلوی شعله می باشند؛ SW نشان دهنده ی موج ضربه ای می باشد؛ $b.1$ لایه ی مرزی می باشد؛ Δ نشان دهنده ی ضخامت لایه ی مرزی در محل شعله می باشد؛ قسمت d جبهه ی شعله و لایه ی مرزی در سه لحظه ی متفاوت را نشان می دهد؛ منحنی $\Delta(x)$ نشان دهنده ی ضخامت لایه ی مرزی در موقعیت شعله به صورت تابعی از مکان می باشد.
۱۸

- شکل ۲-۱۵ : عکس های پیاپی (فاصله ی زمانی بین عکس ها ۰/۱ ms می باشد) که نشان دهنده ی نحوه ی رشد لایه ی مرزی در جلوی یک شعله ی شتابدار می باشد. شعله از چپ به راست در حرکت می باشد. سرعت در نوک شعله ۳۲۰ m/s می باشد. لایه های مرزی در دیواره ی بالایی با رنگ تیره و در دیواره ی پایینی با رنگ روشن نشان داده شده است. زبری دیواره ۰/۱ mm می باشد. مخلوط مورد آزمایش، مخلوط استوکیومتری H₂-O₂ با فشار اولیه ی ۰/۶ بار می باشد. ۲۰
- شکل ۲-۱۶ : فرایند پخش شعله در داخل یک لوله ی با مانع به قطر داخلی ۸۰ mm و BR= ۰/۶ ترکیب H₂-air ۱۰٪ زمان پس از جرقه بر حسب ms در سمت راست نشان داده شده است. ۲۲
- شکل ۲-۱۷ : فرایند پخش شعله در داخل یک لوله ی با مانع به قطر داخلی ۸۰ mm و ۰/۶ BR= ترکیب H₂-air ۷۰٪ زمان پس از جرقه بر حسب ms در سمت راست نشان داده شده است. ۲۲
- شکل ۲-۱۸ : نحوه ی وقوع احتراق آرام در ترکیب H₂-air ۱۰٪ در یک کانال با BR= ۰/۶. شعله در ابتدا با سرعتی در حدود ۱۰۰ m/s از قسمت میانی لوله حرکت کرده و بخشی از مواد را به صورت سوخته نشده ترک می کند. سپس شعله برگشته و مواد سوخته را هم می سوزاند. ۲۴
- شکل ۲-۱۹ : نحوه ی وقوع احتراق آشفته در ترکیب H₂-air ۷۰٪ در یک کانال با BR= ۰/۶. شکل ۲-۲۰ : آغاز انفجار به واسطه ی انعکاس ماخ از دیواره ی بالایی. موج ضربه مربوط به یک شعله ی آشفته بوده که جلوتر از جبهه ی موج در حرکت بوده است. انعکاس از دیواره ی بالایی زمانی اتفاق افتاده که موج ضربه از مانع گذشته و وارد یک حجم بزرگتر شده است. ۲۷
- شکل ۲-۲۱ : آغاز انفجار به واسطه ی برهم کنش بین امواج فشاری و جبهه ی شعله در نزدیکی لایه ی مرزی. نقطه ی آغاز موج انفجاری در عکس دوم در فاصله ی کمی از دیواره ی پایینی و در مرکز موج بیضی گون نشان داده شده می باشد. ۲۸
- جدول ۲-۱ : نحوه ی ارتباط بین اندازه ی هندسی مشخصه ی L، با اندازه ی سلول انفجاری λ ۳۱
- شکل ۲-۲۲ : نتایج آزمایشاتی که در جدول ۲-۱ ارائه شده است. ۳۲
- شکل ۳-۱ : شماتیکی از تجهیزات مورد نیاز آزمایش ۳۶
- شکل ۳-۲ : فلنج ۴ اینچ فشار قوی متصل به انتهای لوله ۳۷
- شکل ۳-۳ : سه عدد لوله ۱/۲ اینچ رزوه شده با طول ۷ سانتی متر در طول لوله انفجاری ۳۸
- شکل ۳-۴ : سه عدد شیرگازی فشار قوی WOG ۱۰۰۰ با سرشلنگی گازی روی لوله ۳۹
- شکل ۳-۵ : نمونه ای از یک عدد فلنج کور ۳۹

- شکل ۳-۶: شمع الکتریکی جهت ایجاد جرقه بسته شده روی فلنچ کور ۴۰
- شکل ۳-۷: یک عدد واشرلاستیکی ۳ میلی متری برای آبیندی ۴۰
- شکل ۳-۸: کامل بسته شدن قسمت ابتدایی لوله در محل جرقه زنی ۴۱
- شکل ۳-۹: گیج خلاء استفاده شده در آزمایش ۴۲
- شکل ۳-۱۰: قسمت انتهایی لوله که محل قرار گیری شیرهای کنترل گاز و گیج خلاء می باشد. ۴۳
- شکل ۳-۱۱: دو نمونه از صفحات اورفیس دار با نسبت انسداد متفاوت به کار رفته در آزمایشات ۴۴
- شکل ۳-۱۲: نمونه‌ای از موانع فلزی آماده شده برای قرار گرفتن در داخل لوله ۴۵
- شکل ۳-۱۳: نقطه سه گانه محل برخورد موج ضربه قائم بر سطح ۴۵
- شکل ۳-۱۴: رد بدست آمده در آزمایش دنیسور تروشین ۴۶
- شکل ۳-۱۵: صفحات دود اندود شده جهت تعیین محل وقوع گذر احتراق به انفجار ۴۶
- شکل ۳-۱۶: ترانسفورماتور و شمع جرقه زن استفاده شده در آزمایش ۴۷
- شکل ۳-۱۷: لوله انفجاری قرار گرفته روی میز و همچنین فویل های دوده اندود که روی آن قرار گرفته است. ۴۸
- شکل ۳-۱۸: ثبت نقطه آغاز گذر احتراق به انفجار ۴۹
- شکل ۳-۱۹: سلول های انفجاری بر روی صفحه دوداندود ۴۹
- شکل ۴-۱: تغییرات طول پیش از انفجار بر حسب فاصله بین موانع در $BR=70\%$ ۵۲
- شکل ۴-۲: تغییرات طول پیش از انفجار بر حسب فاصله بین موانع در $BR=60\%$ ۵۳
- شکل ۴-۳: تغییرات طول پیش از انفجار بر حسب فاصله بین موانع در $BR=40\%$ ۵۳
- شکل ۴-۴: تغییرات طول پیش از انفجار بر حسب نسبت انسداد و فاصله‌ی بین مانعی در ترکیب متان-اکسیژن- نیتروژن ۵۴

فهرست علائم و اختصارات

Deflagration to Detonation Transition	DDT
Landau–Darrieus instability	L-D
سرعت محوری	$V(x)$
طول پیش از انفجار	x_D
فشار	P
قطر لوله	D
Richtmyer-Meshkov	R-M
Kelvin-Helmholtz	K-H
Chapman-Jouget	CJ
قطر روزنه ی تعبیه شده در مرکز مانع	d
اندازه ی سلول انفجاری	λ
فاصله ی بین موانع در کانال مدور	S
نسبت انسداد	BR
اندازه ی مشخصه ی یک کانال	L
شتاب گیری شعله	FA
تعداد گونه های شیمیایی موجود در مخلوط	Ns
فاصله ی بین موانع	S
ثابت جهانی گازها(بر حسب J/kgmol-K)	R
زمان	t
تعداد واکنش ها	N_R

فصل ۱ : طرح مسئله ی تحقیق

در این فصل به ارائه‌ی یک نمای کلی از تحقیق صورت گرفته می‌پردازیم. مطالعات و تحقیقات فراوانی در زمینه‌ی گذر احتراق آشفته به انفجار و نحوه کنترل و به کارگیری آن در صنایع به خصوص صنعت هوافضا و پیشران‌های موتورهای انفجاری در حال انجام است. مسئله‌ی اساسی در این پژوهش ساخت یک لوله انفجاری و ایجاد بستر مناسب جهت بررسی تجربی پدیده‌ی گذر احتراق به انفجار است. با توجه به تعداد اندک پژوهش‌های تجربی انجام یافته در زمینه پدیده‌ی گذر احتراق به انفجار در داخل کشور اهمیت انجام این پژوهش بیشتر آشکار می‌گردد. در این پژوهش سعی بر این است که با امکانات موجود و علی‌رغم کمبود تجهیزات از قبیل فشارسنج‌های مناسب، اثر موانع بر پدیده‌ی گذر احتراق به انفجار بررسی گردد.

۱-۱. بیان مسئله تحقیق

امروزه استفاده از موج‌های انفجاری، خصوصاً استفاده از موج انفجار ناشی از پدیده‌ی گذر از احتراق به انفجار کاربردهای فراوانی یافته است. در چند سال اخیر تحقیقات فراوانی در زمینه‌ی شناخت پدیده‌ی گذر از احتراق به انفجار، عوامل موثر بر آن و نحوه‌ی کنترل آن صورت گرفته است. هندسه مسیر جریان، نوع گاز، شرایط اولیه‌ی گاز و نسبت هم‌ارزی مخلوط بر محل وقوع این پدیده تاثیر دارند. در این تحقیق سعی بر این است که به صورت تجربی اثر نسبت انسداد و فاصله بین صفحات اورفیس که در بخشی از لوله بکار رفته‌اند بر طول پیش از انفجار در مخلوط متان-اکسیژن-نیتروژن بررسی شود.

۱-۲. پرسش‌های تحقیق:

- آیا امکان استفاده از صفحات دوداندود جهت تعیین طول پیش از انفجار وجود دارد؟
- تغییر تعداد موانع به کار رفته در بخشی از لوله بر طول پیش از انفجار چه تاثیری می‌گذارد؟

- تغییر نسبت انسداد موانع بکار رفته در بخشی از طول، بر طول پیش از انفجار چه تاثیری می گذارد؟
- آیا می توان نسبت انسداد و فاصله بین موانعی یافت که منجر به طول پیش از انفجار حداقل گردد؟

۱-۳. ضرورت و اهمیت تحقیق:

در گذشته بررسی گسترش انفجار از یک منشاء احتراقی (DDT) برای اهداف ایمنی و جلوگیری از خسارات ناشی از انفجار در تاسیسات صنعتی صورت می گرفت. امروزه استفاده از موج های انفجاری، کاربردهای فراوان از جمله شکل دهی فلزات، جوشکاری انفجاری و رانش موتورهای انفجاری پالسی دارد. بنابراین بررسی روشهای گوناگون تسهیل فرآیند گذر از احتراق به انفجار و در نتیجه کاهش طول لوله انفجاری از اهمیت زیادی برخوردار است.

۱-۴. اهداف تحقیق:

- ساخت لوله انفجاری جهت بررسی پدیده ی گذر احتراق به انفجار.
- بررسی اثر نسبت انسداد و فاصله بین صفحات اورفیس بر طول پیش از انفجار.

۱-۵. سوالات یا فرضیه های تخصصی:

- آیا از صفحات دوداندود می توان برای تعیین محل وقوع انفجار و ثبت سلولهای انفجاری استفاده نمود؟
- بررسی تجربی وجود محدوده ای از نسبت های انسداد و فاصله بین صفحات اورفیس که منجر به حداقل طول پیش از انفجار گردد.

**فصل ۲ : شناسایی فرایند گذر احتراق آشفته
به انفجار و پیشینه‌ی آن**

۲-۱. مقدمه

در این فصل به منظور آشنایی کلی با پدیده‌ی گذر احتراق آشفته به انفجار (DDT) به بررسی ویژگیهای مختلف آن خواهیم پرداخت. در بخش ۲-۲ به شناسایی کلی پدیده‌ی DDT پرداخته می‌شود. در قسمت‌های مختلف این بخش مطالعات انجام گرفته در زمینه‌ی DDT مورد بررسی قرار گرفته و در ادامه به عوامل تأثیر گذار بر پدیده پیچیده گذر احتراق به انفجار پرداخته شده و سپس در قسمت بعدی مراحل گذر احتراق آشفته به انفجار تشریح شده است. در قسمت ۲-۳ شتاب‌گیری شعله در لوله‌های صاف بررسی شده است که شامل تشریح فرایند شتاب‌گیری شعله و بررسی طول پیش از انفجار در لوله‌های صاف و عوامل موثر بر کاهش یا افزایش آن می‌باشد.

شتاب‌گیری شعله در لوله‌هایی که در آنها از موانع استفاده شده، در قسمت ۲-۴ مورد بررسی قرار گرفته است و این قسمت شامل تشریح فرایند شتاب‌گیری شعله در لوله‌های با مانع و تشریح رژیم‌های گوناگون پخش شعله در لوله‌های با مانع می‌باشد.

در بخش ۲-۵ پدیده‌ی آغاز انفجار بررسی شده و شامل تشریح روش‌های مختلف آغاز انفجار، معیارها و شرایط لازم برای آغاز انفجار در لوله‌های صاف و در لوله‌های با مانع می‌باشد.

در بخش ۲-۶ شرایط کلی لازم برای شروع پدیده‌ی انفجار و وقوع DDT به طور اجمالی بیان شده است.

۲-۲. شناسایی پدیده‌ی گذر احتراق به انفجار و عوامل تأثیر گذار بر آن

۲-۲-۱. پدیده گذر احتراق آشفته به انفجار چیست؟

سرعت سوزش مادون صوت تحت شرایطی به سرعت سوزش مافوق صوت تبدیل شده و موج احتراق به یک موج انفجاری تبدیل می‌گردد. در این فرآیند مقیاس‌های طولی و زمانی وسیعی وجود دارد و این فرآیند وابسته به نوع سوخت، زبری دیواره و وجود موانع در مسیر شعله و متغیرهای دیگر است. بنابراین فرآیند گذر از احتراق آشفته به انفجار یک پدیده‌ی فیزیکی بسیار پیچیده بوده و مستلزم گذر از سه مرحله‌ی متوالی به شرح زیر است:

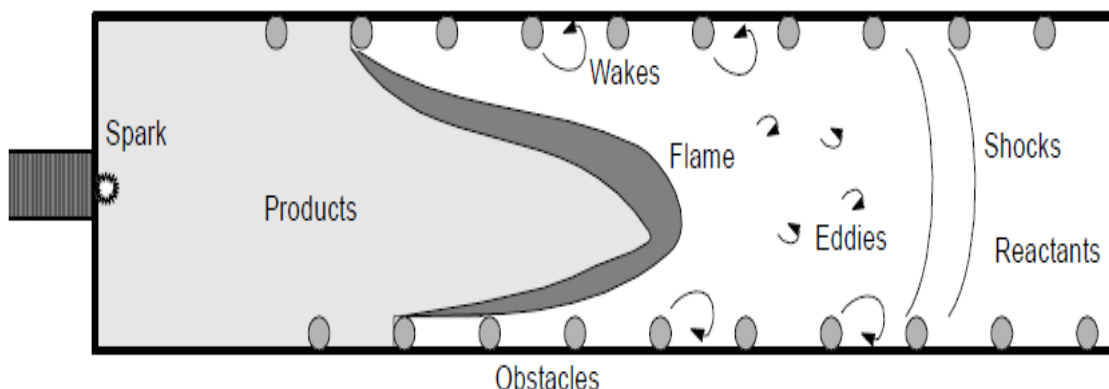
۱- تکامل سیر تحول جریان و شعله تا رسیدن به شرایط آغاز انفجار

۲- شکل‌گیری موج انفجاری

۳- انتشار موج انفجاری به وجود آمده در داخل مواد نسوخته

کانال‌هایی که در آنها از موانع استفاده شده است شرایط مناسبی را برای بررسی هر سه مرحله‌ی ذکر شده فراهم می‌آورند. شعله‌های آشفته در کانال‌هایی با صفحات اورفیس معمولاً به سرعت‌های فراصوتی رسیده و در صورتی که قطر داخلی لوله به اندازه‌ی مناسب باشد پدیده گذر احتراق به انفجار در آنها رخ می‌دهد.

در شکل ۱-۲ شماتیکی از فرآیند پیچیده گذر احتراق آشفته به انفجار در یک لوله با صفحات اورفیس که با جرقه زنی در ابتدای لوله آغاز شده و در ادامه شتاب‌گیری شعله و ایجاد آشفته‌گی بوسیله صفحات اورفیس و بوجود آمدن موج‌های ضربه‌ای نشان داده شده است [۱].



شکل ۱-۲: شماتیکی از فرآیند پیچیده DDT