

CAPITOLO 6

COMBUSTIBILI

Dott. Anna Ciajolo

SOMMARIO

LEZIONE 20 COMBUSTIBILI	264
<i>PREMESSA.....</i>	<i>264</i>
<i>STRUTTURA CHIMICA E PROPRIETÀ DELLE PRINCIPALI CLASSI DI IDROCARBURI</i>	
<i>CONTENUTE NEI COMBUSTIBILI FOSSILI.....</i>	<i>267</i>
<i>COMBUSTIBILI GASSOSI.....</i>	<i>269</i>
<i>COMBUSTIBILI LIQUIDI.....</i>	<i>269</i>
<i>Benzine</i>	<i>270</i>
<i>Kerosene.....</i>	<i>270</i>
<i>Gasoli.....</i>	<i>270</i>
<i>Oli combustibili.....</i>	<i>271</i>
<i>METODI DI CARATTERIZZAZIONE DEI COMBUSTIBILI.....</i>	<i>271</i>
<i>Potere calorifico.....</i>	<i>272</i>
<i>Densità</i>	<i>272</i>
<i>Viscosità</i>	<i>272</i>
<i>Punto di infiammabilità (Flash point)</i>	<i>273</i>
<i>Distillazione</i>	<i>273</i>
<i>Temperatura di autoignizione</i>	<i>274</i>
<i>TESTI CONSIGLIATI.....</i>	<i>275</i>

Lezione 20 Combustibili

Premessa

Le caratteristiche chimiche e fisiche della maggior parte dei combustibili fossili, e in particolare dei combustibili liquidi, sono state stabilite sulla base dei processi di produzione di questi (distillazione, pirolisi, estrazione, ecc.) e dei sistemi di combustione che sono stati sviluppati in epoca moderna. Tabella 1 riporta una classificazione dei sistemi di combustione e relativi combustibili utilizzati.

Le specifiche dei combustibili sono rimaste pressochè invariate fino a quando l'esigenza di ottenere più bassi consumi e, ancor più, di ridurre le emissioni inquinanti prodotte dai processi di combustione non ha portato, nei tempi attuali, alla necessità di utilizzare combustibili con caratteristiche chimiche e fisiche strettamente controllate nonché di modificare e sviluppare nuove tecnologie di combustione "pulita". Com'è noto, infatti, le maggiori fonti d'inquinamento, soprattutto nelle aree urbane, derivano da processi di combustione utilizzati per il riscaldamento, la produzione di energia, il trasporto, ecc. e l'effetto delle caratteristiche fisiche e chimiche del combustibile sull'efficienza di questi processi e sulla qualità e quantità degli inquinanti prodotti è rilevante.

Nei sistemi pratici di combustione che bruciano combustibili fossili si generano molto spesso specie inquinanti derivanti da una combustione non totalmente efficiente come i prodotti ossigenati (aldeidi, chetoni, ecc.) che derivano dall'ossidazione parziale del combustibile, o come il particolato carbonioso (fuliggine, cenosfere) e gli idrocarburi (idrocarburi leggeri alifatici e aromatici, idrocarburi policiclici aromatici, ecc.) che sono prodotti dalla pirolisi del combustibile in condizioni di combustione povere di ossigeno. Le caratteristiche chimiche e fisiche del combustibile influenzano sia la qualità che la quantità di questi inquinanti. Alcune proprietà del combustibile (volatilità, rapporto relativo idrogeno-carbonio ecc.) influenzano l'emissione di determinati inquinanti in maniera indiretta influenzando l'efficienza del processo di combustione oppure intervenendo nei meccanismi di formazione di determinate specie come ad esempio nel caso del tenore di aromaticità nei combustibili che fortemente influenza il processo di formazione e la conseguente emissione di particolato carbonioso e di idrocarburi aromatici. Proprio lo studio di quest'effetto è viepiù importante considerata la crescente tendenza ad utilizzare combustibili pesanti con alto tenore di aromatici. Nel caso di emissione di combustibile non bruciato, se il combustibile utilizzato contiene prodotti aromatici, additivi ossigenati, o altri tipi di specie inquinanti l'emissione di questo è già di per sé un fattore inquinante.

L'emissione di prodotti inquinanti ossigenati derivati da processi di parziale combustione si può verificare sia nei sistemi di combustione stazionaria che nei sistemi ciclici. In questi ultimi, come ad esempio i motori a combustione interna, l'emissione di ossigenati è particolarmente elevata dovuta all'impatto su pareti fredde e all'espansione rapida dei prodotti di combustione e/o di parziale combustione. Tuttavia, sia il combustibile non bruciato, che i prodotti ossigenati e i prodotti di pirolisi sono suscettibili di un'ulteriore ossidazione e possono essere ridotti a monte, controllando accuratamente le condizioni di combustione (concentrazione di ossigeno, condizioni di temperatura, tempi di residenza), oppure a valle con l'utilizzo di sistemi di post-combustione.

SISTEMI	COMBUSTIBILI IMPIEGATI
<p>MOTORI PER TRASPORTO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Motori a Combustione Interna - Motori per aeromobili 	<ul style="list-style-type: none"> - Benzina, Gasolio ,GPL - Kerosene, JP4
<p>IMPIANTI STAZIONARI</p> <ul style="list-style-type: none"> - Produzione di energia elettrica - Distruzione di rifiuti - Industria metallurgica - Sistemi di post combustione per l'abbattimento degli inquinanti 	<ul style="list-style-type: none"> - Gas naturale, gasoli, oli combustibili, carbone - Rifiuti solidi e liquidi (inclusi legno, carta, plastica, ecc.) - Gas, Carbone

TABELLA 1

Persino in un sistema dove la combustione, vale a dire l'ossidazione, del combustibile è completa, l'emissione d'inquinanti può essere significativa ed è, in tal caso, essenzialmente determinata proprio dalla composizione del combustibile poiché il contenuto di zolfo, azoto, metalli e il rapporto idrogeno/carbonio del combustibile determinano rispettivamente la quantità di ossidi di zolfo (SO₂ e SO₃), di ossidi di azoto (NO, NO₂ e N₂O), di particolati inorganici (ossidi metallici, solfati, ecc.) e di anidride carbonica prodotta. In questo caso il controllo della qualità e della composizione del combustibile è

di vitale importanza e limitazioni su determinate caratteristiche del combustibile, come ad esempio il contenuto di zolfo, sono già previste in normativa.

Per quanto detto risulta evidente quanto sia importante determinare le proprietà chimiche e fisiche dei combustibili in assoluto ed in relazione al sistema di combustione. La complessità delle miscele di cui la maggior parte dei combustibili fossili, e in particolare dei combustibili liquidi, sono costituiti, richiede l'utilizzo di tecniche analitiche avanzate per la determinazione delle proprietà chimiche ovverosia della composizione. Lo sviluppo e l'applicazione di queste tecniche per una conoscenza sempre più dettagliata della composizione, ovverosia della "chimica dei combustibili" è un'attività attuale ed in continua evoluzione sebbene sia le capacità computazionali che la chimica e la fisica dei processi di combustione non sono ancora avanzati ad uno stadio tale da poter completamente usufruire di una conoscenza più approfondita delle proprietà dei combustibili.

Per valutare le qualità del combustibile, sia nei riguardi delle prestazioni in un determinato sistema di combustione sia nei riguardi dei problemi di stoccaggio e trasporto dei combustibili, la tendenza attuale è, infatti, ancora quella di utilizzare caratteristiche che sono basate su una valutazione empirica del comportamento del combustibile e dell'interazione combustibile/ sistema di combustione. Ad esempio un gasolio per autotrazione è principalmente caratterizzato dal cosiddetto "numero di cetano" che quantifica la tendenza del gasolio ad auto-ignire. Il numero di cetano è una proprietà del gasolio determinata empiricamente pur essendo esso strettamente correlato alla struttura chimica (alifaticità, grado di ramificazione delle catene alifatiche, aromaticità, ecc.) degli idrocarburi contenuti nel gasolio stesso e quindi ricavabile, in linea teorica, da un'analisi dettagliata del tipo d'idrocarburi contenuti nel gasolio, cioè dall'analisi della composizione chimica del combustibile.

Una classificazione generale dei combustibili sulla base del loro stato fisico è riportata in tabella 2. Da un punto di vista chimico i combustibili possono essere differenziati come puri se costituiti da un unico componente (monocomponenti) oppure come multicomponenti se costituiti da una miscela di diverse specie che sono a loro volta classificabili sulla base della struttura chimica simile in classi di idrocarburi. A questo proposito per poter dare una descrizione delle proprietà chimiche dei combustibili fossili è necessario dare brevi cenni su quelle che sono le proprietà e le strutture chimiche delle classi d'idrocarburi di cui i combustibili fossili multicomponenti e in particolare i combustibili liquidi sono costituiti.

CLASSIFICAZIONE DEI COMBUSTIBILI

<i>Stato fisico in condizioni STP</i>	<i>Composizione chimica</i>	<i>Principale componente</i>
Gas	Monocomponente: gas naturale GPL	CH ₄ ,metano C ₃ H ₈ , propano
Liquido	Monocomponente	C ₇ -C ₃₀ Idrocarburi aromatici e alifatici
	Multicomponente: petrolio Prodotti di raffinazione del petrolio	
Solido	Monocomponente	
	Multicomponente: carbone, antracite, ecc.	

TABELLA 2

Struttura chimica e proprietà delle principali classi di idrocarburi contenute nei combustibili fossili

Le proprietà degli idrocarburi contenuti nei combustibili fossili sono determinate dal contenuto di idrogeno e carbonio e dal modo in cui gli atomi di questi elementi sono legati, cioè dalla struttura chimica.

Il carbonio può formare migliaia di composti con l'idrogeno raggruppabili, sulla base della struttura chimica, in classi di composti. Gli idrocarburi presenti nei combustibili fossili appartengono a due classi principali: idrocarburi alifatici che includono alcani, (paraffine), cicloalcani (nafteni), alcheni (olefine), alchini, e gli idrocarburi aromatici che includono composti ad uno o più anelli aromatici (tipo benzene) o a più anelli aromatici (idrocarburi policiclici aromatici).

Brevemente, gli alcani hanno formula bruta C_nH_{2n+2} possono avere una struttura lineare e in tal caso sono indicati con il prefisso n- come ad esempio: n-propano $n-C_3H_8$, n-butano C_4H_{10} , ecc.

Già partendo da un alcano a quattro atomi di carbonio la catena di atomi di carbonio può non essere necessariamente lineare e si possono ottenere altri isomeri di struttura in cui la struttura dell'alcano è ramificata. All'aumentare del numero di atomi di carbonio il numero di isomeri di struttura aumenta e le proprietà di questi isomeri, e in particolare le proprietà significative per l'utilizzo in combustione, possono essere sostanzialmente

diverse. Un esempio dell'importanza di queste differenze è rappresentato dalla differente tendenza ad autoignire mostrata dagli idrocarburi a catena lineare rispetto agli isomeri a catena ramificata sulla base della quale è stata costruita la scala del cosiddetto "numero di ottano": il n-eptano ha un'elevatissima tendenza ad autoignire (numero di ottano=0) rispetto ad un idrocarburo ramificato come l'iso-ottano (2,4,4 trimetilpentano) che ha numero di ottano 100 in quanto ha un'elevatissima resistenza ad autoignire.

I cicloalcani sono alcani a catena ciclica con formula bruta C_nH_{2n} . Anche gli alcheni hanno formula C_nH_{2n} , ma ciò è dovuto alla presenza di un doppio legame tra due atomi di carbonio adiacenti come ad esempio nel propene $CH_3-CH=CH_2$. Dove due o più doppi legami sono presenti nella catena sono detti dieni, trieni e così via, generalmente inclusi nella classe dei polieni.

Negli alchini (C_nH_{2n-2}) due atomi di carbonio sono legati con un triplo legame, questi composti non sono generalmente presenti nei combustibili fossili multicomponenti.

Infine gli aromatici sono la classe di idrocarburi a più basso contenuto di idrogeno (C_nH_{2n-6}). Il benzene (C_6H_6) è l'aromatico più semplice le cui proprietà sono peculiari di tutta la classe degli aromatici. La struttura del benzene è un ibrido di risonanza tra due strutture cosiddette di Kekulé dove i tre doppi legami sono distribuiti sull'anello aromatico in modo tale che i sei idrogeni sono equivalenti e la struttura è particolarmente stabile. Nella maggior parte dei combustibili liquidi gli aromatici sono specie formate dalla combinazione di anelli aromatici e catene alchiliche laterali. Tali specie sono raggruppate nella classe degli "areni". Se gli anelli del benzene sono condensati (due atomi di carbonio sono comuni a due anelli) il composto che ne deriva è classificato come idrocarburo policiclico aromatico tra cui il naftalene a due anelli rappresenta il più semplice membro di questa classe. Una descrizione dettagliata della struttura e delle proprietà delle varie classi di idrocarburi è data nei testi generali di chimica organica riportati come testi consigliati.

Si può notare come il contenuto di idrogeno rispetto al carbonio (rapporto H/C molare) sia più elevato nella classe degli alcani e tale contenuto decresce andando dagli alcani verso gli aromatici. Ciò è importante in relazione al potere calorifico dei combustibili e alla relazione che questo ha con la composizione chimica ovverossia con il contenuto delle singole classi di idrocarburi. Infatti poichè l'entalpia di reazione dell'idrogeno è circa quattro volte quella del carbonio ciò implica che i combustibili contenenti meno idrogeno, H/C più bassi, vale a dire i combustibili più aromatici e più pesanti (oli combustibili, ecc.), hanno un più basso potere calorifico e sono pertanto meno pregiati. A questo si aggiunge anche che la decrescita del rapporto H/C provoca l'aumento della formazione della fuliggine e di indesiderati problemi di deposizione e di formazione di inquinanti. Da questo si evince quale sia l'importanza che la composizione chimica e la caratterizzazione

delle proprietà chimico e fisiche dei combustibili hanno per stabilire e controllare le specifiche dei combustibili da utilizzare nei diversi sistemi di combustione ottenendo i più alti rendimenti e il minore impatto ambientale.

Combustibili gassosi

Gli alcani da 1 (metano) a 4 (butano) atomi di carbonio sono allo stato gassoso. Proprio questi idrocarburi sono i principali componenti dei combustibili gassosi tra i quali i più comunemente usati sono: il gas naturale e il gas di petrolio liquefatto.

Il gas naturale è principalmente costituito da metano con piccole quantità di etano, propano e butano. Il gas di petrolio liquefatto (GPL) è trasportato e conservato sotto pressione allo stato liquido, ma è vaporizzato prima del miscelamento con l'aria per la combustione. Esso è costituito da una miscela di etano, propano e butano quando ottenuto dagli impianti di raffinazione del gas naturale; a questi si aggiungono etilene, propilene e butilene se si tratta di un GPL prodotto dai gas liquefatti di raffinazione del petrolio.

Meno importanti dal punto di vista commerciale sono combustibili gassosi come l'idrogeno e l'acetilene utilizzati per speciali applicazioni che richiedono fiamme ad elevate temperature.

Miscele di gas contenenti quantità variabili di idrogeno, ossido di carbonio sono ottenute con procedure che prevedono il trattamento in flusso con aria o con vapore di carbone o legno contenuto in un letto fisso caldo.

Combustibili liquidi

I maggiori composti presenti nel petrolio e, di conseguenza nei combustibili liquidi derivati dalla distillazione di questo, sono le paraffine, i nafteni e gli aromatici. Gli alcheni, eventualmente presenti nei combustibili sono prodotti delle operazioni di raffinazione (distillazione frazionata, cracking, reforming, ecc.) del petrolio.

Dalla raffinazione del petrolio si ottengono diversi tipi di tagli petroliferi liquidi che, in ordine crescente di temperature di distillazione, includono: benzina (30-200°C), kerosene (150-250°C), gasolio (180-360°C) e olio combustibile. La composizione chimica in termini di contenuto di alifatici e aromatici cambia in questi tagli ed in particolare il contributo di aromatici aumenta andando dai combustibili pi leggeri (benzine) ai pi pesanti (oli combustibili). Nei residui della distillazione frazionata sono inclusi tipici prodotti quali gli oli combustibili pesanti, asfalti, bitumi che sono poco pregiati in quanto il contenuto di aromatici, di zolfo, di metalli, ecc. particolarmente elevato e il potere calorifico pi basso.

Benzine

Le benzine sono combustibili essenzialmente utilizzati per l'autotrazione per la quale sono richieste specifiche che si evolvono in corrispondenza dell'evoluzione dei motori ad accensione comandata. Per ottenere queste determinate specifiche le benzine non sono direttamente ottenute dalla distillazione del petrolio, ma sono una miscela d'idrocarburi da 4 a 10 atomi di carbonio ottenuti da vari processi di trattamento e raffinazione del distillato petrolifero. Le benzine sono una miscela complessa di prodotti alifatici e aromatici in proporzioni variabili, a seconda della provenienza e a seconda della destinazione di utilizzo, ma in cui le specie alifatiche (paraffine, olefine, nafteni) sono in un campo di numero di atomi di carbonio che va dai 4 ai 10 atomi di carbonio e che sono generalmente prevalenti rispetto alle specie aromatiche (principalmente alchilati del benzene). Componenti non idrocarburi come il piombo tetraetile e, più recentemente nelle benzine cosiddette "verdi", alcoli, eteri sono generalmente additivati per controllare il numero di ottano delle benzine che è una proprietà fondamentale per l'utilizzo delle benzine. Un'altra caratteristica importante delle benzine, descritta insieme a tutte le altre proprietà in più dettaglio nel paragrafo di seguito relativo alle metodiche di caratterizzazione, è la volatilità ovvero il campo di distillazione che è generalmente tra 30 e 200°C.

Kerosene

Nel kerosene, normalmente utilizzato nei motori a turbine a gas e in particolare nei motori per aviogetti gli alifatici sono compresi in un campo di idrocarburi a catena lineare e ramificata dai 10 ai 13 atomi di carbonio, il contenuto di aromatici è decisamente più elevato (fino al 25 %) e oltre agli alchilati del benzene sono presenti anche quantità significative di aromatici a più di un anello condensato (indene, naftalene, derivati di questi, ecc.). Il campo di distillazione del kerosene è tra 100 e 250°C.

Gasoli

I gasoli differiscono nel campo di temperature di distillazione e nella composizione in dipendenza dell'utilizzo per cui si possono distinguere i gasoli per autotrazione (più leggeri) e i gasoli per il riscaldamento. Sia il gasolio per autotrazione, comunemente utilizzato nei motori diesel, che il gasolio da riscaldamento sono miscele d'idrocarburi compresi in un campo di temperatura di ebollizione più elevato poiché gli alifatici vanno da 12 a 20 atomi di carbonio con un contenuto di aromatici intorno al 30 %. Gli aromatici contenuti nei gasoli contengono proporzioni maggiori di policiclici a 2 (naftalene) e tre

anelli (fenantrene). Il contenuto di zolfo può essere particolarmente rilevante nei gasoli e proprio su questo limitazioni legislative stanno diventando sempre più stringenti per ridurre l'emissione di ossidi zolfo limitando al contempo i problemi di corrosione all'interno del sistema di combustione causati dalla formazione degli ossidi di zolfo.

Oli combustibili

Gli oli combustibili sono i combustibili liquidi più pesanti per i quali il campo di distillazione, ed in particolare la temperatura finale di distillazione, è spesso non valutabile o comunque poco rappresentativa poiché i componenti più pesanti all'aumentare della temperatura subiscono reazioni di pirolisi piuttosto che semplice evaporazione. Si possono distinguere gli oli combustibili distillati e gli oli combustibili residui del processo di distillazione. Il tenore di aromaticità così come il tenore di zolfo, sono in questa classe di combustibili particolarmente elevati e la composizione chimica è di difficile valutazione. Negli oli combustibili sono infatti presenti composti alifatici a catena particolarmente lunga (fino a 30 atomi di carbonio) composti aromatici che contengono policiclici aromatici e derivati, composti polar-aromatici che sono costituiti da aromatici sostituiti con ossigeno, azoto, zolfo, ecc. e infine composti denominati "asfalteni" che hanno una struttura aromatica particolarmente complessa e elevato peso molecolare. La caratterizzazione degli asfalteni è importante in quanto a questi composti è attribuita la tendenza che hanno gli oli combustibili a formare particelle carboniose di elevate dimensioni, denominate cenosfere, che sono un caratteristico tipo di particolato prodotto esclusivamente nella combustione di combustibili pesanti quali gli oli combustibili e il carbone. La caratterizzazione delle proprietà chimiche e fisiche degli asfalteni che influenza la quantità e qualità di cenosfere prodotte, è particolarmente difficoltosa proprio a causa degli elevati pesi molecolari e della complessità della miscela.

Metodi di caratterizzazione dei combustibili

I test da laboratorio per la caratterizzazione sono importanti prima di tutto per fornire indicazioni sulla qualità del combustibile in riferimento all'utilizzo e all'applicazione cui il combustibile è destinato. La determinazione delle proprietà dei combustibili è necessaria anche in relazione ai problemi di stoccaggio, trasporto, manipolazione, trattamento e sicurezza nonché a scopo di controlli doganali.

I metodi devono essere standardizzati allo scopo di assicurare ripetibilità e riproducibilità dei risultati stessi. La maggior parte dei test da laboratorio sono standardizzati come

procedura e apparato sperimentale e pubblicati a cura dell'Institute of Petroleum in Gran Bretagna e dall'American Society for Testing and Materials negli Stati Uniti.

La conoscenza dei metodi di caratterizzazione da parte dei produttori e degli utenti è importante per giudicare il significato dei risultati ottenuti con i differenti metodi e in relazione all'applicazione industriale.

I metodi di caratterizzazione possono essere suddivisi in metodi fisici e chimici.

I metodi fisici includono i metodi di determinazione diretta delle proprietà e del comportamento dei combustibili.

I principali metodi fisici di caratterizzazione riguardano: il potere calorifico, la densità, la viscosità, la curva di distillazione, il flash point e la temperatura di auto-ignizione qui di seguito brevemente descritti.

Potere calorifico

Il potere calorifico è la quantità di energia prodotta come calore per unità di massa di combustibile bruciato sotto pressione a volume costante quando i prodotti di combustione sono raffreddati a 25°C. Questa proprietà è usualmente determinata attraverso la combustione con ossigeno pressurizzato in un calorimetro a bomba ed il potere calorifico così determinato è denominato come potere calorifico superiore poiché contiene anche il calore latente di vaporizzazione rilasciato per condensazione, nell'apparato sperimentale, dell'acqua di combustione. Nella pratica poiché, i gas di combustione vengono scaricati a temperature piuttosto alte il calore dell'acqua viene perso e il valore di potere calorifico da utilizzare è il cosiddetto potere calorifico inferiore che si ottiene sottraendo al potere calorifico superiore il calore associato con l'idrogeno presente nel combustibile.

Il potere calorifico è la proprietà chiave in relazione al consumo del combustibile ed è direttamente relazionata al contenuto di idrogeno, infatti come già detto in precedenza, il valore calorifico dell'idrogeno è quattro volte quello del carbonio per cui combustibili pesanti avendo un basso valore del rapporto molare H/C hanno un potere calorifico più basso.

Densità

La densità è il primo parametro sulla base del quale le varie classi di combustibili possono essere differenziate. Infatti la densità per i combustibili liquidi varia da un minimo di 0.425 per il combustibile liquefatto più leggero, a 0.72-0.74 per le benzine più leggere fino a 0.95 per gli oli combustibili.

Viscosità

La viscosità, ovvero la resistenza al flusso, per un combustibile liquido è importante ancor più della densità in quanto è indicativa della facilità con cui un combustibile può essere pompato o atomizzato. Poiché la viscosità dei combustibili generalmente decresce con la temperatura, combustibili ad alta viscosità quali sono i combustibili più pesanti, vengono preriscaldati prima di essere atomizzati nei sistemi di combustione di spray. Il pour point, che indica la temperatura più bassa a cui un combustibile può essere conservato mantenendo la capacità di fluire, è qualche volta usato come indicatore della viscosità poiché entrambi sono relazionati al contenuto di paraffine o di prodotti pesanti di tipo asfaltico.

Punto di infiammabilità (Flash point)

Il punto di infiammabilità è definito come la minima temperatura a cui il combustibile liquido prende fuoco se esposto ad una fiamma localizzata sul pelo del liquido. Esso è un'importante indicazione della massima temperatura a cui un combustibile liquido deve essere conservato in condizioni di sicurezza nei riguardi del pericolo d'incendio e di esplosioni.

Le benzine, estremamente volatili, hanno un flash point molto basso (circa $-43\text{ }^{\circ}\text{C}$), i gasoli tipicamente hanno flash point molto più alti (circa $52\text{ }^{\circ}\text{C}$). Ciò significa che in recipienti chiusi una benzina è così volatile che la miscela in fase gassosa è troppo ricca di combustibile per poter bruciare viceversa un gasolio è così poco volatile che la miscela è troppo povera di combustibile per poter bruciare.

Distillazione

Le caratteristiche di distillazione determinano l'applicazione del combustibile e sono indicative della vaporizzazione nello stoccaggio. Le principali caratteristiche di distillazione dei vari combustibili sono state precedentemente descritte tipicamente si va da campi di distillazione da 30 a $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ per una benzina fino a $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ per un gasolio. Per i combustibili più pesanti (oli combustibili, ecc.) il limite di temperatura di distillazione finale può non essere corrispondente ad una distillazione pura poiché a temperature elevate i componenti più pesanti dei combustibili decompongono prima ancora di evaporare. La determinazione della curva di distillazione è classicamente effettuata in appositi dispositivi da laboratorio per la distillazione frazionata che permettono di raccogliere alle varie temperature di distillazione le frazioni determinando il percento in peso di ogni frazione distillata.

Temperatura di autoignizione

La temperatura di autoignizione è la minima temperatura a cui il combustibile deve essere riscaldato in presenza di aria affinché ignisca spontaneamente ovvero sia in assenza di una sorgente di ignizione quale una fiamma o una scintilla. Per definire le proprietà di autoignizione di alcuni combustibili come le benzine e i gasoli si preferisce determinare il numero di ottano e il numero di cetano.

Il numero di ottano per le benzine indica la tendenza ad autoignire in condizioni di alta pressione tipiche di un motore ad accensione comandata ed è una caratteristica fondamentale per l'utilizzo delle benzine. Infatti l'autoignizione prima dello scoccare della scintilla determina l'indesiderato fenomeno del "battito in testa" (knock).

Il numero di ottano è misurato paragonando le proprietà autognitve del combustibile con quelle di miscele di iso-ottano e n-eptano in un motore ad accensione comandata. L'iso-ottano nella scala arbitraria del numero di ottano ha valore 100 mentre il n-eptano ha valore 0. Il numero di ottano è la percentuale di isoottano nella miscela di isottano-eotano che presenta le stesse caratteristiche di autoignizione del combustibile.

Per i gasoli utilizzati nei motori ad autoaccensione le caratteristiche di autoignizione sono altrettanto importanti, ma in questo caso è necessario che il combustibile abbia un'alta tendenza ad autoignire. Tale tendenza è definita dal numero di cetano, nome comune della paraffina lineare C₁₆H₃₄ (esadecano) che è un idrocarburo con alta tendenza ad autoignire cui è stato arbitrariamente attribuito, nella scala del numero di cetano, valore 100. Viceversa all' α -metil naftalene è stato attribuito valore del numero di cetano 0 in considerazione della difficoltà di questo idrocarburo aromatico ad autoignire.

Altri tipi di test di determinazione delle proprietà chimiche e in particolare della composizione dei combustibili come ad esempio la determinazione del residuo carbonioso, del contenuto di zolfo, del contenuto di asfalteni, del contenuto di ceneri, ecc. sono altrettanto importanti di quelli sinora descritti soprattutto per quel che riguarda la previsione dell'effetto della qualità del combustibile sull'impatto ambientale. Tali tipi di test sono, però, specifici di alcune classi di combustibili e non saranno qui descritti.

Testi Consigliati

R.T. Morrison and R.N.Boyd Organic Chemistry ,Allyn & Bacon , 1969.

Hendrikson, Cram, Hammond, Chimica organica, Ed. Piccin, 1973.

T. W. G. Solomons, Chimica organica, Ed. Grasso

I.P. Standards for Petroleum and its Products, Institute of Petroleum, Londra. Revisioni annuali.

Annual Book of A.S.T.M. Standards American Society for Testing and Materials, Philadelphia. Revisioni Annuali.

E.M.Goodger Hydrocarbon Fuels: Production, Properties and Performance of Liquids and Gases,1975, The MacMillan Press LTD, UK.

J.Odgers and D. Kretschmer Gas Turbine Fuels and their Influence on Combustion Eds. A.K.Gupta and D.G.Lilley, Abacus press,1986,UK.

J.P.Longwell: Interface between Fuels and Combustion pp.3-48 in Fossil Fuel Combustion A Source Book. W.Bartok and A.F.Sarofim eds.1991.