

Caratteristiche delle miscele esplosibili

1. Limiti di infiammabilità

1.1 Miscele di gas e vapori

Le miscele comburenti - combustibili si possono infiammare solo se la loro composizione è contenuta entro limiti che variano da miscela a miscela. Per ogni miscela esiste, quindi, un limite inferiore ed un limite superiore di infiammabilità L.I.I. e L.S.I. (o esplosibilità L.I.E. e L.S.E.), ossia una concentrazione minima o massima del combustibile nella miscela.

Infatti, per tali concentrazioni l'energia prodotta dalla reazione è in grado di riscaldare i gas, sia i reagenti sia gli altri componenti inerti della miscela, e di mantenerli al di sopra di temperature che permettano alla reazione di procedere.

È da notare che il decorso esplosivo dipende dalle caratteristiche dell'ambiente in cui si innesca la fiamma: la normale accensione di un becco Bunsen dà luogo ad una semplice combustione; se, invece, la stessa fiamma fosse accesa nella stessa miscela esplosibile in quiete si propagherebbe un'esplosione in seno alla miscela stessa.

Nel caso dei gas e dei vapori i limiti di infiammabilità vengono espressi come percentuale in volume della sostanza considerata presente nella miscela. I limiti di infiammabilità per alcune miscele con aria o ossigeno sono riportati nelle tabelle 1 e 2. Dai dati riportati si osserva che il limite inferiore è generalmente contenuto entro 1% e 5%, mentre quello superiore varia ampiamente passando da un composto all'altro.

Le miscele interessate dai campi più ampi di esplosibilità (idrogeno, acetilene, ossido di carbonio, ossido di etilene, solfuro di carbonio, acetaldeide) presentano maggiori rischi.

Le miscele di ossigeno o aria con i combustibili gassosi hanno limiti inferiori vicini, mentre il limite superiore è nettamente più elevato in presenza di ossigeno.

La presenza di un componente inerte (ad esempio vapore acqueo, azoto o diossido di carbonio) restringe l'intervallo di esplosività di una miscela esplosibile.

I limiti di infiammabilità per gas o vapori dipendono dalla temperatura e dalla pressione, con la netta tendenza ad ampliare gli intervalli all'aumentare di ciascuna di esse.

L'esistenza degli intervalli di infiammabilità si giustifica in base ai meccanismi di reazione ed in particolare alle loro caratteristiche cinetiche. Infatti, all'interno dei limiti di esplodibilità la reazione procede con un meccanismo a catena che tende ad accrescere la sua velocità in maniera, per l'appunto, esplosiva, con valori massimi di propagazione della fiamma in corrispondenza della composizione stechiometrica per la combustione completa. In altre parole, ciò si verifica quando le quantità di combustibile e comburente siano tali da esaurirsi reciprocamente, fino a scomparire del tutto nella miscela dei prodotti della reazione.

Tabella 1	Limiti di esplosività in aria determinati a pressione atmosferica I valori riportati sono percentuali in volume [1]	
	Limite Inferiore	Limite Superiore
Idrocarburi		
Metano	5,00	15,00
Etano	3,00	12,50
Propano	2,12	9,35
n-Butano	1,86	8,41
n-Pentano	1,40	7,80
n-Esano	1,18	7,40
n-Eptano	1,10	6,70
Etilene	2,75	28,60
Propilene	2,00	11,10
Acetilene	2,50	80,00
Benzene	1,40	7,10
Toluene	1,27	6,75
o-Xilene	1,00	6,00
Cicloesano	1,26	7,75
Altri composti organici		
Alcool metilico	6,72	36,50
Alcool etilico	3,28	18,95
Alcool n-propilico	-2,15	13,50
Acetone	2,55	12,80
Metiletilchetone	1,81	9,50
Acido acetico		5,40
Ossido di etilene	3,00	80,00
Altre sostanze		

Idrogeno	4,00	74,20
Ammoniaca	15,60	27,00
Ossido di carbonio	12,50	74,20
Solfuro di carbonio	1,25	50,00
Idrogeno solforato	4,30	45,50
Acido cianidrico	5,60	40,00

Tabella n. 2	Limiti di esplosività di gas e vapori in ossigeno I valori riportati sono percentuali in volume [1].	
	Limite Inferiore	Limite Superiore
Idrogeno	4,65	93,9
Ossido di carbonio	15,50	93,9
Metano	5,40	59,2
Etano	4,10	50,5
Etilene	2,90	79,9
Propilene	2,10	52,8
Ammoniaca	13,50	79,0

1.2 Miscela di polveri o nebbie

Polveri di sostanze combustibili mantenute disperse sotto forma di nube in un comburente gassoso possono dare luogo a miscele esplosibili. Anche l'accensione di polveri in strato può degenerare in esplosione, qualora lo strato si disperda in nube (ad esempio per azione meccanica).

I limiti di esplosibilità dipendono in misura notevole dalle caratteristiche delle particelle (dimensioni, porosità, tenore di umidità). In genere si considera il solo limite inferiore, poiché è difficile ottenere dispersioni omogenee a elevate concentrazioni di polveri.

Molte polveri hanno limite inferiore di esplosibilità nell'aria compreso tra 15 e 30 mg/l.

Il limite superiore delle miscele cade frequentemente tra 2000 e 6000 mg/l.

È importante considerare le dimensioni delle particelle, perché le polveri più fini sono più facilmente disperdibili ed infiammabili, e ciò fa diminuire il limite inferiore di esplosibilità. Al di sopra di dimensioni variabili, a partire dai 300 µm, diverse polveri si comportano come inerti, ma tale situazione è solamente teorica. Infatti, nelle

polveri sono presenti particelle con un'ampia dispersione dimensionale e le più fini possono innescare l'incendio, se non l'esplosione, del resto del materiale.

La presenza di umidità dà luogo ad agglomerati, più difficili da disperdere e quindi più difficili da accendere.

Per le nebbie, costituite da dispersioni in aria di particelle liquide sotto i 10 µm, la tendenza è quella di comportarsi come gli stessi composti allo stato di vapore, almeno per le particelle più fini. Infatti, tali gocce vaporizzano con facilità prima di partecipare alla combustione.

2. Punto di infiammabilità

2.1 Miscela di polveri o nebbie

I liquidi emettono vapori i quali, in presenza di aria, possono dar luogo a miscele infiammabili. Agli effetti della sicurezza è importante conoscere la temperatura più bassa alla quale, in condizioni definite da norme, le miscele aria - vapore che così si formano vengono infiammate sotto l'azione di un adeguato innesco. Tale temperatura prende il nome di "punto di infiammabilità" (flash point).

I valori sperimentali del punto di infiammabilità sono correlati al limite inferiore di infiammabilità, ma dipendono in misura sensibile anche dalle apparecchiature utilizzate per la determinazione: quella "in vaso chiuso" è ritenuta più significativa e più conservativa. I valori di alcuni punti di infiammabilità sono riportati in tabella 4.

Tabella n. 3	Limite inferiore di esplosibilità in aria di alcune polveri [2].	
	Polvere	mg/l
	Alluminio atomizzato	45
	Aspirina	15
	Caffè	25
	Carbone attivo	100
	Carbone con 25% di sostanze volatili	120
	Cellulosa	45
	Legno	20
	Lignina	40
	Magnesio	30
	Polietilene	20
	Polipropilene	20
	Polistirene	20
	Resina fenolo-formaldeide	15
	Resina urea-formaldeide	20

Vitamina B1	35
Vitamina C	70
Zolfo	35
Zucchero	45

3. Temperatura di autoaccensione

La temperatura di autoaccensione è la minima temperatura alla quale una miscela combustibile - comburente si accende in modo spontaneo, senza innesco. Il risultato sperimentale dipende notevolmente dalle condizioni sperimentali e da quelle operative e deve essere valutato e utilizzato con attenzione.

La misura può essere fatta per combustibili in qualsivoglia stato fisico (gassoso, liquido, solido). La temperatura minima di autoaccensione di una polvere è più elevata quando questa è sotto forma di una sospensione in aria anziché essere depositata su una superficie calda.

Alcuni materiali solidi, quali gomme o farine, possono subire lenti processi di combustione spontanea in aria. Se il calore non potesse disperdersi nell'ambiente, il processo potrebbe accelerarsi fino a innescare l'esplosione di eventuali nubi della polvere.

Tabella n. 4		Punto di infiammabilità (Flash point) di alcune sostanze [3].	
Sostanza	Teb.(°C)	FP(°C)	
Metanolo	65,0	10	
Solfuro di carbonio	46,2	-30	
Etanolo	785,0	12	
Ossido di etilene	15,0	-20	
Acetone	56,2	-17	
Pentano	36,1	-49	
Benzene	80,1	-11	
Esano	69,0	-23	
Toluene	110,6	4	
Eptano	98,4	-4	
o-Xilene	144,4	17	
p-Xilene	138,3	25	

Tabella n. 5	Temperature di autoaccensione di alcune sostanze [4].	
	In aria °C	In ossigeno °C
Alcool metilico	470	461
Ammoniaca	651	-
Benzene	580	566
Butano	408	283
Etano	472	-
Idrogeno	572	560
Metano	632	556
Ossido di carbonio	609	588
Pentano	290	258
Propano	493	468
Solfuro di carbonio	120	107
Toluene	552	516

Tabella n. 6	Temperatura di autoaccensione di alcune polveri [2].	
	°C	
Alluminio atomizzato	650	
Caffè	360	
Carbone attivo	660	
Cellulosa	410	
Magnesio	560	
Metilcellulosa	360	
Polietilene	390	
Polipropilene	420	
Polistirene	500	
Resina fenolo-formaldeide	450	
Resina urea-formaldeide	430	

Bibliografia

[1] LEWIS B., VON ELBE O., Combustion, Flames, Explosion of Gases, 2a ediz., Academic Press, New York 1961.

[2] CARDILLO P., Tuttochimica, 4, (5), luglio 1986.

[3] BRETHERIC L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, 4a ediz., Butterworths, London 1990.

[4] SALVI O. e COLI V., La combustione, Tambunni, Milano 1968.

Data di chiusura del documento:

16 gennaio 2018

Conoscere il rischio

Nella sezione Conoscere il rischio del portale Inail, la Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (Contarp) mette a disposizione prodotti e approfondimenti normativi e tecnici sul rischio professionale, come primo passo per la prevenzione di infortuni e malattie professionali e la protezione dei lavoratori. La Contarp è la struttura tecnica dell'Inail dedicata alla valutazione del rischio professionale e alla promozione di interventi di sostegno ad aziende e lavoratori in materia di prevenzione.

Per informazioni

contarp@inail.it