

Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος
Πυροσβεστική Ακαδημία
Εγχειρίδιο Πυροσβεστικής Τέχνης
«Στοιχεία καύσης και κατάσβεσης»



Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος Πυροσβεστική Ακαδημία **Εγχειρίδιο Πυροσβεστικής Τέχνης** **«Στοιχεία καύσης και κατάσβεσης»**

ΜΕΡΟΣ 2ο

ΧΗΜΕΙΑ

Το παρόν εγχειρίδιο βασίζεται στο Εγχειρίδιο «**Φυσική και Χημεία για Πυροσβέστες**» Physics and Chemistry for Firefighters, (Fire Service Manual Vol.1), της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας του Ηνωμένου Βασιλείου. Το εγχειρίδιο αυτό μεταφράστηκε και τυπώθηκε για πρώτη φορά από το Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος το 1995.

Η παρούσα ηλεκτρονική έκδοση, βασίζεται στη νεότερη έκδοση του παραπάνω εγχειριδίου. Η προσαρμογή στη νεώτερη αυτή έκδοση έγινε το ακαδημαϊκό έτος 2010-11, από ομάδα εργασίας της Σχολής Ανθυποπυραγών, αποτελούμενη από τους Δόκιμους Ανθυποπυραγούς: Βαρθαλίτη Βασίλειο, Γκουγκουτούδη Παναγιώτη, Μπεκίρη Ιωάννη και Τερζάκη Κων/νο, υπό την επίβλεψη του Καθηγητή της Πυροσβεστικής Ακαδημίας Επιπυραγού Απόστολου Παραλίκα.

Η τελική επιμέλεια της ηλεκτρονικής έκδοσης έγινε από τη Διεύθυνση Εκπαίδευσης του Α.Π.Σ. με σκοπό να χρησιμοποιηθεί στην εκπαίδευση των Πυροσβεστών Πενταετούς Υποχρέωσης αλλά και γενικότερα στην πυροσβεστική εκπαίδευση.

Το εγχειρίδιο στην αγγλική του έκδοση υπάρχει στην ιστοσελίδα:
<http://www.scribd.com/doc/49384262/Physics-and-Chemistry-For-Firefighters>

Μέρος 2 – ΧΗΜΕΙΑ

Κεφάλαιο 6 – Η βάση της Χημείας

Η Χημεία της Καύσης

6.1 Η βάση της Χημείας

6.2 Άτομα και μόρια

6.2.1 Ενώσεις και μείγματα

6.3 Σύμβολα

6.3.1 Η χρήση των συμβόλων στη γραφή χημικών τύπων

6.3.2 Χημικές ρίζες

6.4 Ατομικό βάρος

6.5 Μοριακό βάρος

6.6 Σθένος

6.6.1 Πολλαπλό σθένος

6.6.2 Ονοματολογία

6.7 Απλές εξισώσεις

6.8 Χρήση των χημικών εξισώσεων

6.9 Περιορισμοί χημικών εξισώσεων

6.9.1 Ρεαλιστικότητα

6.9.2 Φυσική κατάσταση

6.9.3 Συνθήκες αντίδρασης

6.9.4 Θερμότητα

6.9.5 Ρυθμός αντίδρασης

Κεφάλαιο 7 – Καύση

7.1 Το τρίγωνο της φωτιάς

7.2 Θερμότητα αντίδρασης και θερμαντική δύναμη

7.2.1 Οξείδωση

7.3 Η φύση της φλόγας

7.4 Στρωτή και τυρβώδης ροή

7.5 Προαναμεμειγμένες φλόγες και φλόγες διάχυσης

7.6 Πρακτικά παραδείγματα φλόγας

7.6.1 Ο λύχνος Bunsen

7.6.2 Η φλόγα του κεριού

7.6.3 Σημείο Ανάφλεξης, Σημείο Καύσης

7.6.4 Σφαίρα Φωτιάς

7.6.5 εκρήξεις νέφους ατμών

7.7 Ανάφλεξη

7.7.1 Θερμοκρασία αυτόματης ανάφλεξης (Spontaneous ignition)

7.7.2 Αυτό-θέρμανση και αυτόματη ανάφλεξη

7.7.3 Βραδεία καύση

7.8 Κίνδυνοι οξειδωτικών μέσων

- 7.8.1 Νιτρικό οξύ και ανόργανα νιτρικά άλατα
- 7.8.2 Υπερμαγγανικά άλατα
- 7.8.3 Χλωρικά άλατα
- 7.8.4 Χρωμικά και διχρωμικά άλατα
- 7.8.5 Ανόργανα υπεροξείδια
- 7.8.6 Οργανικά οξειδωτικά μέσα
- 7.8.7 Οργανικά υπεροξείδια και υδροϋπεροξείδια

Κεφάλαιο 8 – Απλές οργανικές ενώσεις

8.1 Αλειφατικές ενώσεις

8.2 Ακόρεστοι υδρογονάνθρακες

- 8.2.1 Ολεφίνες ή αλκένια
- 8.2.2 Ακετυλενίδια ή αλκίνια

8.3 Αρωματικοί υδρογονάνθρακες

Κεφάλαιο 9 - Πολυμερή

9.1 Πολυμερή

9.2 Κίνδυνοι πυρκαγιάς

- 9.2.1 Τοξικά και διαβρωτικά αέρια
- 9.2.2 Καπνός
- 9.2.3 Προϊόντα από την καύση της πίσσας ή σταγονιδίων
- 9.2.4 Εξώθερμες αντιδράσεις
- 9.2.5 Καταλύτες
- 9.2.6 Χρήση εύφλεκτων διαλυτών
- 9.2.7 Σκόνες
- 9.2.8 Αφεσβηνόμενα υλικά

9.3 Κίνδυνοι που συνδέονται με τα μονομερή

- 9.3.1 Πρώτες ύλες και σκληρυντές

Κεφάλαιο 10 – Άλλα καύσιμα στερεά

10.1 ΞΥΛΟ

10.2 ΓΑΙΑΝΘΡΑΚΑΣ

10.3 Μέταλλα

- 10.3.1 Ιδιότητες μετάλλων
- 10.3.2 Αντίδραση των μετάλλων με νερό και ατμό
- 10.3.3 Σχηματισμός οξειδίων και καύση

10.4 Θείο

10.5 Φώσφορος

Κεφάλαιο 11 - Κατάσβεση Φωτιάς

11.1 Ταξινόμηση πυρκαγιών κατά κατηγορίες

11.2 Ταξινόμηση των πυρκαγιών κατά μέγεθος

11.3 Μέθοδοι κατάσβεσης πυρκαγιάς : Αφαίρεση καύσιμης ύλης, αποστέρηση, Ψύξη

11.3.1 Αφαίρεση καύσιμης ύλης

11.3.2 Αποστέρηση οξυγόνου

11.3.3 Ψύξη

11.4 Τρόποι κατάσβεσης

11.4.1 Νερό

11.4.2 Ατμός

11.4.3 Αφρός και αφρογόνες ενώσεις

11.4.4 Εξατμιζόμενα υγρά (Halons)

11.4.5 Διοξείδιο του άνθρακα και αδρανή αέρια

11.4.6 Ξερές χημικές σκόνες

11.4.7 Κατάσβεση με επικάλυψη

Κεφάλαιο 6 - Η βάση της Χημείας

Η χημεία της καύσης

Στο πρώτο μέρος, εξετάσαμε τις φυσικές ιδιότητες της ύλης και της θερμότητας, τις ιδιότητες που καθορίζουν πώς τα υλικά θα συμπεριφέρονται όταν τους παρασχεθεί ενέργεια. Στα υπόλοιπα κεφάλαια θα ασχοληθούμε με τη χημεία της καύσης - τις αντιδράσεις με τις οποίες η ενέργεια απελευθερώνεται στις πυρκαγιές. Πριν συζητήσουμε λεπτομερώς την καύση, είναι απαραίτητο να γίνουν κατανοητές μερικές από τις βασικές έννοιες της χημείας.

Η Χημεία είναι ένα περίπλοκο θέμα γεμάτη με μακριά και δύσκολο να προφερθούν ονόματα, και με περίπλοκους τύπους. Υπάρχουν, βέβαια, πολλά βιβλία χημείας στη διάθεση του μαθητή και για τη μελέτη των τεχνικών πυρόσβεσης, είναι δύσκολο να αποφασιστεί ακριβώς πόσα θέματα θα πρέπει να περιληφθούν. Πολλές νέες διαδικασίες και υλικά που έχουν γίνει προκύψει τα τελευταία χρόνια. Οι Πυροσβέστες βρίσκονται αντιμέτωποι με τόσες πολλές νέες ουσίες, κατά τη διάρκεια της εργασίας τους, που πρέπει να έχουν κάποια ιδέα για το πώς θα αντιδράσουν όταν εμπλέκονται στην πυρκαγιά. Οι ιδιαίτεροι κινδύνων πολλών εύφλεκτων υλικών και χημικών αντιμετωπίζονται χωριστά στα μέρη 6β και 6γ του εγχειριδίου. Ωστόσο, το παρόν κεφάλαιο ασχολείται με τις πτυχές της χημείας που εμπλέκονται στη μελέτη των τεχνικών πυρόσβεσης, και θα ακολουθήσει η συζήτηση γύρω από ορισμένες από τα πιο επικίνδυνες χημικές ουσίες από καθαρά χημική άποψη.

6.1 Η βάση της Χημείας

Χημεία είναι η επιστήμη της σύνθεσης των υλικών σωμάτων, των ιδιοτήτων τους και των αντιδράσεων μεταξύ τους. Τα σώματα αυτά

μπορεί να είναι στερεά, υγρά ή αέρια, σε ζωντανά ή μη συστήματα, όλα όμως έχουν έναν κοινό συντελεστή: αποτελούνται από χημικές ενώσεις.

6.2 Άτομα και μόρια

Η χημεία αναγνωρίζει δύο διαφορετικές κατηγορίες ουσιών. Αυτές που αποτελούνται από μία απλή χημική ένωση (στοιχεία και ενώσεις) και τα μείγματα. Ένα μείγμα μπορεί να διαχωριστεί στα συστατικά του με φυσικό ή μηχανικό τρόπο. Για παράδειγμα μείγμα αλατιού και άμμου μπορεί να διαχωριστεί με τη διάλυση του αλατιού στο νερό που αφήνει την άμμο πίσω. Για να διαχωρίσουμε ή να μεταβάλουμε όμως μια απλή χημική ένωση απαιτείται χημική αντίδραση.

Μια ουσία είτε είναι απλή χημική ένωση είτε μείγμα, συνίσταται από πολλά εκατομμύρια μικρά σωματίδια τα οποία ο χημικός ονομάζει *μόρια*. Ένα μείγμα περιλαμβάνει περισσότερους από έναν τύπους μορίων, ενώ μια απλή χημική ένωση περιέχει μόνο έναν τύπο μορίων. Τα μόρια της ίδιας ουσίας είναι ακριβώς όμοια στις ιδιότητες και συμπεριφορά τους.

Ως μόριο μπορεί να οριστεί το μικρότερο σωματίδιο μιας ουσίας το οποίο είναι ικανό να υπάρξει ανεξάρτητο.

Ένα συνηθισμένο υλικό, η κιμωλία, βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες και σε πολλές διαφορετικές μορφές. Για παράδειγμα, συναντάται σε βραχώδη εδάφη με τη μορφή σβώλων ή σκόνης. Παρά το γεγονός αυτό πάντοτε αναγνωρίζεται σαν το ίδιο υλικό, χημικά γνωστό ως *ανθρακικό ασβέστιο*. Το υλικό αυτό σχηματίζεται από αμέτρητα μόρια ανθρακικού ασβεστίου. Όταν ο χημικός αναλύει αυτό το μόριο, βρίσκει ότι συνίσταται

από ακόμη μικρότερα σωματίδια που ονομάζονται άτομα. Ακόμη ανακαλύπτει ότι κάθε μόριο ανθρακικού ασβεστίου είναι ακριβώς το ίδιο και καθένα αποτελείται από 5 άτομα.

Όταν αναλύουμε άλλες χημικές ουσίες ανακαλύπτουμε ότι τα μόριά τους σχηματίζονται επίσης από άτομα. Ανεξάρτητα από τον αριθμό των χημικών ουσιών που αναλύουμε, βρίσκουμε πάντα ότι ο αριθμός των διαφορετικών ατόμων, που περιέχουν τα μόριά τους, είναι σχετικά μικρός. Τα μόρια όλων των ουσιών σχηματίζονται από πολλούς συνδυασμούς ατόμων. Ο αριθμός των ατόμων αυτών είναι μεγαλύτερος από εκατό.

Τα άτομα αποτελούν τη βάση όλων των ουσιών. Αντίθετα από τα μόρια που μπορούν να διασπαστούν ή να αλλάξουν κατά τη διάρκεια χημικών αντιδράσεων, τα άτομα δεν μπορούν να διασπαστούν με χημικό τρόπο σε μικρότερα σωματίδια, αν και μπορούν να διασπαστούν με βομβαρδισμό πυρήνων. Αυτό το αντικείμενο εξετάζεται στο Εγχειρίδιο που αναφέρεται στα «Ραδιενεργά υλικά». Κατά τη διάρκεια χημικών αντιδράσεων τα άτομα αναδιατάσσονται για να σχηματίσουν διαφορετικά μόρια, αλλά αυτά παραμένουν τα ίδια. Τα άτομα είναι τα μικρότερα σωματίδια τα οποία λαμβάνουν μέρος στις χημικές μεταβολές. Αυτά είναι πολύ μικρά και η διάμετρός τους κυμαίνεται μεταξύ ενός και τεσσάρων δεκάκις εκατομμυριοστών του χιλιοστού!

Οι ουσίες που σχηματίζονται αποκλειστικά από έναν τύπο ατόμων ονομάζονται *στοιχεία*. Υπάρχει ένα στοιχείο που ανταποκρίνεται σε κάθε διαφορετικό τύπο ατόμου. Έτσι ο άνθρακας, ο οποίος αποτελείται αποκλειστικά από άτομα άνθρακα, είναι ένα στοιχείο. Επίσης ο σίδηρος, ο οποίος περιέχει μόνο άτομα σιδήρου, είναι ένα άλλο στοιχείο. Τα στοιχεία συντίθενται από μόρια τα οποία αποτελούνται από ίδια άτομα μεταξύ τους, ή μπορούν να συντίθενται από μονά άτομα. Το

στοιχείο οξυγόνο συνίσταται από μόρια οξυγόνου και κάθε μόριο αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου ενωμένα μεταξύ τους, ενώ το στοιχείο μαγνήσιο αποτελείται από μονά άτομα μαγνησίου.

Όταν εξετάζουμε το μόριο του ανθρακικού ασβεστίου (κιμωλία), βρίσκουμε ότι αποτελείται από ένα άτομο του στοιχείου ασβεστίου, ένα άτομο του στοιχείου άνθρακα, και τρία άτομα του στοιχείου οξυγόνου, όλα ενωμένα χημικά μεταξύ τους. Ένας κατάλογος των ονομάτων των στοιχείων δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.1

Κατάλογος στον οποίο φαίνεται ο ατομικός αριθμός, το ατομικό βάρος και το σθένος των στοιχείων

Όνομα στοιχείου	Σύμβολο	Ατομικός αριθμός*	Ατομικό βάρος*	Σθένος **
Άζωτο	N	7	14	3,5
Άνθρακας	C	6	12	2,4
Αργίλιο	Al	13	27	3
Άργυρος	Ag	47	108	1
Αρσενικό	As	33	75	3,5
Ασβέστιο	Ca	20	40	2
Βρώμιο	Br	35	80	1,3,5,7
Γαδολίνιο	Gd	64	157	3
Ιώδιο	I	53	127	1,3,5,7
Κάδμιο	Cd	48	112	2
Καίσιο	Cs	55	133	1
Κάλιο	K	19	39	1
Μαγγάνιο	Mn	25	55	2,3,4,6,7
Μαγνήσιο	Mg	12	24	2
Νάτριο	Na	11	23	1
Νικέλιο	Ni	28	59	2,3
Οξυγόνο	O	8	16	2
Ουράνιο***	U	92	238	4,6
Πλουτόνιο	Pu	94	242	3,4,5,6
Σίδηρος	Fe	26	56	2,3
Υδράργυρος	Hg	80	201	1,2
Υδρογόνο	H	1	1	1
Φθόριο	F	9	19	1
Φωσφόρος	P	15	31	3,5
Χαλκός	Cu	29	63,5	1,2
Χλώριο	Cl	17	35,5	1,3,5,7
Χρυσός	Au	79	197	1,3
Χρώμιο	Cr	24	52	2,3,6
Ψευδάργυρος	Zn	30	65	2

6.2.1 Ενώσεις και μείγματα

Όταν δύο ή περισσότερα άτομα διαφορετικών στοιχείων ενώνονται με χημικό δεσμό για να σχηματίσουν μόρια, τα οποία είναι όμοια μεταξύ τους, τότε λέμε ότι έχουμε χημική ένωση. Για παράδειγμα κάθε μόριο της ένωσης του ανθρακικού ασβεστίου περιέχει πέντε άτομα ενωμένα χημικά μεταξύ τους (ένα ασβεστίου, ένα άνθρακα και τρία οξυγόνου).

Η χημική ένωση που σχηματίστηκε από τα ίδια μόρια μπορεί να διασπαστεί ή να μεταβληθεί μόνο με αναδιάταξη των ατόμων, γνωστή ως *χημική αντίδραση*. Ένα μείγμα (που σχηματίζεται από δύο ή περισσότερα διαφορετικά είδη μορίων) μπορεί να διαχωριστεί, με φυσικούς ή μηχανικούς τρόπους, στις ουσίες οι οποίες συνθέτουν το μείγμα.

6.3 Σύμβολα

Τα χημικά σύμβολα χρησιμοποιούνται από τους χημικούς ως μέθοδος συντόμευσης της μεταφοράς πληροφοριών. Οι μέθοδοι της χρήσης συμβόλων και της γραφής χημικών τύπων σχεδιάστηκαν για να δώσουν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες, ενώ παραμένουν απλές και σύντομες στη χρήση.

Άτομα Τα μικρότερα σωματίδια
Μόρια Άτομα χημικά ενωμένα μεταξύ τους
Στοιχεία περιέχουν μόνο ένα είδος ατόμων, είτε μόνα τους, είτε ομαδοποιημένα σε Μόρια που σχηματίζονται από όμοια άτομα
Ενώσεις σχηματίζονται από ένα είδος μορίων, τα οποία σχηματίζονται από διαφορετικά άτομα
Μείγματα περιέχουν περισσότερα από ένα είδη ατόμων

Κάθε στοιχείο προσδιορίζεται από ένα σύμβολο (βλέπε πίνακα 6.1), το οποίο είναι διαφορετικό από το σύμβολο όλων των άλλων στοιχείων. Το σύμβολο μπορεί να είναι ένα γράμμα ή δύο. Στη δεύτερη περίπτωση το δεύτερο γράμμα γράφεται με μικρό για να

αποφευχθεί η σύγχυση. Έτσι το σύμβολο του νικελίου γράφεται Ni και όχι NI, επειδή το NI δεν είναι ένα στοιχείο αλλά παριστάνει το άζωτο (N) και το ιώδιο (I). Σε πολλές περιπτώσεις τα σύμβολα έχουν το πρώτο γράμμα του ονόματος του στοιχείου και συχνά ακολουθούνται από δεύτερο γράμμα που λαμβάνουν από το όνομά τους. Υπάρχουν όμως πολλά κοινά στοιχεία των οποίων τα σύμβολα δεν έχουν καμία σχέση με τα νέα ονόματά τους, επειδή τα σύμβολα βασίζονται σε παλιά Λατινικά ή Αρχαιοελληνικά ονόματα. Για παράδειγμα, το στοιχείο νάτριο έχει το σύμβολο Na, το οποίο προέρχεται από το Λατινικό *natrium*, και ο άργυρος έχει το σύμβολο Ag που προέρχεται από το *argentum*.

6.3.1 Η χρήση των συμβόλων στη γραφή χημικών τύπων

Όταν γράφεται ένα σύμβολο παριστάνει ένα άτομο του στοιχείου. Έτσι :

το H συμβολίζει ένα άτομο υδρογόνου
το O συμβολίζει ένα άτομο οξυγόνου.

Μια ομάδα συμβόλων, που ονομάζεται χημικός τύπος, παριστάνει πάντοτε ένα μόριο της ουσίας και δείχνει ποια άτομα και πόσα από αυτά βρίσκονται μέσα στο μόριο. Έτσι το H₂O συμβολίζει ένα μόριο νερού, το οποίο αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου ενωμένα χημικά μεταξύ τους. Παρόμοια το CO₂ συμβολίζει ένα μόριο του διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο αποτελείται από ένα άτομο άνθρακα και δύο άτομα οξυγόνου.

Εάν ένα μόριο αποτελείται από περισσότερα από ένα άτομα του ίδιου τύπου, ο αριθμός των ομοίων ατόμων γράφεται στο κάτω δεξιό μέρος του συμβόλου:

Ανθρακικό Ασβέστιο:

CaCO₃ ----- ένα άτομο Ασβεστίου, ένα άτομο
άνθρακα και τρία άτομα οξυγόνου

Πεντοξείδιο του Φωσφόρου:

P₂O₅ ----- δύο άτομα φωσφόρου και
πέντε άτομα οξυγόνου

Για να παραστήσουμε περισσότερα από ένα μόρια γράφουμε έναν αριθμό μπροστά από το χημικό τύπο όπως φαίνεται παρακάτω:

$3\text{H}_2\text{O}$ συμβολίζουν τρία μόρια νερού (που σημαίνει ένα σύνολο έξι ατόμων υδρογόνου και τριών ατόμων οξυγόνου)

2MgO συμβολίζουν δύο μόρια οξειδίου του μαγνησίου (που σημαίνει ένα σύνολο δύο ατόμων μαγνησίου και δύο ατόμων οξυγόνου)

6.3.2 Χημικές ρίζες

Ορισμένες ομάδες ατόμων, οι οποίες είναι κοινές σε πολλές ενώσεις, είναι γνωστές ως ρίζες. Ως ρίζα μπορεί να οριστεί:

«Μία ομάδα ατόμων η οποία βρίσκεται σε μία σειρά ενώσεων και διατηρεί την ταυτότητά της κατά τη διάρκεια των χημικών αλλαγών που επηρεάζουν τα υπόλοιπα μόρια».

Για να παραστήσουμε τις ρίζες αυτές, γράφουμε τους χημικούς τύπους συνήθως μέσα σε παρενθέσεις που περιέχουν τη ρίζα και με έναν αριθμό δίπλα στην παρένθεση για να δηλώσουν πόσες φορές εμφανίζεται η ρίζα στο χημικό τύπο. Οι ρίζες δεν είναι πλήρη μόρια και δεν έχουν αυτοτελή ύπαρξη. Για παράδειγμα ο χημικός τύπος του ενός μορίου του υδροξειδίου του ασβεστίου (σβησμένη άσβεστος) είναι $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Αυτό δείχνει στο χημικό την παρουσία της ρίζας OH ενώ ο αριθμός 2 δηλώνει ότι η ρίζα εμφανίζεται δύο φορές.

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ σημαίνει ότι υπάρχουν δύο άτομα οξυγόνου και δύο άτομα υδρογόνου σε κάθε μόριο υδροξειδίου του ασβεστίου.

Παρόμοια, ο χημικός τύπος του νιτρικού αργιλίου γράφεται $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$

Ένας κατάλογος των κοινών ριζών δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6.2: Κατάλογος κοινών ριζών

	Όνομα	Σύμβολο
Σθένος* 1	Ρίζα αμμωνίου	NH_4
	Όξινη ανθρακική ρίζα	HCO_3
	Ιόν βρωμίου	Br
	Χλωρική ρίζα	ClO_3
	Ιόν χλωρίου	Cl
	Ρίζα κυανίου	CN
	Ρίζα υδροξυλίου	OH
	Ιόν ιωδίου	I
	Νιτρική ρίζα	NO_3
	Νιτρώδης ρίζα	NO_2
Σθένος* 2	Υπερχλωρική ρίζα	ClO_4
	Ανθρακική ρίζα	CO_3
	Θειϊκή ρίζα	SO_4
	Ιόν θείου	S
	Θειώδης ρίζα	SO_3
Σθένος* 3	Φωσφορική ρίζα	PO_4

6.4 Ατομικό βάρος

Για να πραγματοποιηθούν οι χημικές αντιδράσεις κατάλληλα, ο χημικός πρέπει να ζυγίζει τις διάφορες ουσίες. Το βάρος όμως ενός ατόμου ή μορίου είναι εξαιρετικά μικρό, της τάξης των 10^{-22}gr , και έτσι τα πραγματικά βάρη των ατόμων είναι μικρής πρακτικής αξίας. Είναι περισσότερο σημαντικό να γνωρίζουμε πόσο βαρύ είναι ένα άτομο σε σύγκριση με κάποιο άλλο. Ο χημικός συνεπώς χρησιμοποιεί μία κλίμακα σχετικού ατομικού βάρους και όχι τα πραγματικά βάρη των ατόμων. Πολλές κλίμακες έχουν προταθεί, αλλά για τεχνικούς λόγους η πιο ευρέως διαδεδομένη είναι αυτή που βασίζεται στο οξυγόνο, που δίνει το ατομικό του βάρος ίσο με 16,000. Σ' αυτή την κλίμακα το υδρογόνο έχει ατομικό βάρος ίσο με 1,008. Για συνήθεις χρήσεις όμως τα ατομικά βάρη μπορούν να στρογγυλευτούν, για παράδειγμα το ατομικό βάρος του υδρογόνου είναι ίσο με ένα, όπως φαίνεται στον πίνακα 6.1. Μπορούμε λοιπόν να συγκρίνουμε άλλα άτομα με το υδρογόνο για να δούμε πόσες φορές είναι βαρύτερα, και έτσι έχουμε τον ορισμό

το βάρος ενός ατόμου του στοιχείου
 Ατομικό βάρος = -----
 το βάρος ενός ατόμου υδρογόνου

Για παράδειγμα, το ατομικό βάρος του νατρίου είναι 23 (γράφεται $\text{Na} = 23$) και αυτό δηλώνει ότι ένα άτομο νατρίου είναι 23 φορές βαρύτερο από ένα άτομο υδρογόνου.

6.5 Μοριακό βάρος

Η ίδια κλίμακα χρησιμοποιείται για να συγκρίνουμε το βάρος ενός μορίου με το βάρος ενός ατόμου υδρογόνου.

το βάρος ενός μορίου της ουσίας
 Μοριακό βάρος = -----
 το βάρος ενός ατόμου υδρογόνου

Για παράδειγμα, το μοριακό βάρος του νερού είναι 18 που σημαίνει ότι ένα μόριο νερού είναι 18 φορές βαρύτερο από ένα άτομο υδρογόνου.

Όταν ένα μόριο αποτελείται από άτομα ενωμένα μεταξύ τους, το βάρος του μορίου αυτού είναι το βάρος των ατόμων που το συνθέτουν. Συνεπώς, το μοριακό βάρος μπορεί να υπολογιστεί προσθέτοντας τα ατομικά βάρη των ατόμων του. Έτσι :

Το μοριακό βάρος του διοξειδίου του θείου (SO_2) είναι 64.

$$\begin{aligned}\text{Μοριακό βάρος (Μ.Β.)} &= \text{ατομικό βάρος θείου} \\ &+ 2 \times \text{ατομικό βάρος} \\ &\quad \text{οξυγόνου} \\ &= 32 + (2 \times 16) \\ &= 64\end{aligned}$$

Ομοίως : το μοριακό βάρος του νιτρικού οξέος (HNO_3) είναι 63.

$$\begin{aligned}\text{Μοριακό βάρος (Μ.Β.)} &= \text{ατομικό βάρος υδρογόνου} \\ &+ \text{ατομικό βάρος αζώτου} \\ &+ 3 \times \text{ατομικό βάρος οξυγόνου} \\ &= 1 + 14 + (3 \times 16) \\ &= 63\end{aligned}$$

6.6 Σθένος

Τα άτομα ενώνονται για να σχηματίσουν μόρια σε απόλυτα καθορισμένες αναλογίες. Για παράδειγμα, ένα άτομο νατρίου (Na) ενώνεται πάντοτε με ένα άτομο χλωρίου (Cl) για να σχηματίσει NaCl (αλάτι), αλλά ένα άτομο μαγνησίου (Mg) ενώνεται με δύο άτομα χλωρίου (Cl) για να σχηματίσει MgCl_2 (χλωριούχο μαγνήσιο). Οι δυνάμεις με τις οποίες συγκρατούνται οι δομικές μονάδες ενός ατόμου εξαρτώνται από τη διάταξη και τον αριθμό των ηλεκτρονίων του, αλλά αυτό δεν θα εξεταστεί στο παρόν κεφάλαιο.

Σθένος είναι ένας αριθμός ο οποίος μας δείχνει πόσους χημικούς δεσμούς θα σχηματίσει το συγκεκριμένο άτομο ή η ομάδα των ατόμων (ρίζα). Τα σθένη των στοιχείων δίνονται στον πίνακα 6.1 και των κοινών ριζών στον πίνακα 6.2.

Όταν σχηματίζονται μόρια, τα άτομα και οι ρίζες ενώνονται σε συγκεκριμένες αναλογίες για να ισοσταθμίσουν τα σθένη. Η ιδιότητα αυτή μας δίνει τη δυνατότητα να γράψουμε το σωστό χημικό τύπο πολλών χημικών ενώσεων. Για παράδειγμα :

Οξείδιο του μαγνησίου: το Mg έχει σθένος 2 και το O επίσης σθένος 2.

Για να ισοσταθμιστούν τα σθένη χρειαζόμαστε ένα άτομο Mg και ένα άτομο O . Συνεπώς το οξείδιο του μαγνησίου έχει το χημικό τύπο MgO .

Ανθρακικό κάλιο: K σθένος 1 & CO_3 σθένος 2.

Απαιτούνται δύο άτομα K για να ισοσταθμίσουν μία ρίζα CO_3 , και συνεπώς το ανθρακικό κάλιο έχει το χημικό τύπο K_2CO_3 .

Θειϊκό αργίλιο: Al σθένος 3 και SO_4 σθένος 2.

Στην περίπτωση αυτή απαιτούνται δύο άτομα Al για να ισοσταθμίσουν τρεις ρίζες SO_4 (συνολικά 6 δεσμοί), και επομένως ο χημικός τύπος του θειϊκού αργιλίου είναι $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

6.6.1 Πολλαπλό σθένος

Μερικά στοιχεία, μέταλλα ή αμέταλλα, έχουν περισσότερα από ένα σθένη. Τα σθένη που έχουν εξαρτώνται από τα άλλα στοιχεία με τα οποία το συγκεκριμένο στοιχείο ενώνεται και από τις συνθήκες αντίδρασης κάτω από τις οποίες σχηματίζεται η ένωση. Για παράδειγμα η θερμότητα, το φως και η συγκέντρωση. Απαιτείται λεπτομερής γνώση της χημείας του κάθε στοιχείου για να προβλέψουμε ποιο σθένος θα χρησιμοποιηθεί σε κάποια συγκεκριμένη αντίδραση. Τα ονόματα όμως των ενώσεων που σχηματίζονται, συχνά προσαρμόζονται για να ληφθεί απόφαση ποιο σθένος θα χρησιμοποιηθεί από το στοιχείο σε μια συγκεκριμένη ένωση και συνεπώς να προσδιορίσουμε το σωστό χημικό τύπο.

6.6.2 Ονοματολογία

(1) - ΟΥΧΟΣ και - ΙΚΟΣ

Οι καταλήξεις -ΟΥΧΟΣ και -ΙΚΟΣ χρησιμοποιούνται όταν ένα στοιχείο έχει σθένος δύο. Η κατάληξη -ΟΥΧΟΣ δείχνει πάντα τη χαμηλότερη και -ΙΚΟΣ υψηλότερο σθένος. Για παράδειγμα:

Σίδηρος

Δισθενής σίδηρος π.χ. FeCl_2 χλωριούχος σίδηρος (II) ή χλωριούχος υποσίδηρος

Τρισθενής σίδηρος π.χ. FeCl_3 χλωριούχος σίδηρος (III) ή χλωριούχος σίδηρος

Κασσίτερος

Δισθενής κασσίτερος π.χ. SnBr_2 βρωμιούχος κασσίτερος (II)

Τετρασθενής κασσίτερος π.χ. SnBr_4 βρωμιούχος κασσίτερος (IV)

(2) Χρήση λατινικών αριθμών

Η σύγχρονη προσέγγιση στο πρόβλημα του πολλαπλού σθένους είναι η επισήμανση του σθένους που χρησιμοποιείται κάθε φορά, με χρήση του κατάλληλου λατινικού αριθμού ύστερα από το όνομα ή το σύμβολο του

στοιχείου που αφορά, π.χ.

Χλωριούχος σίδηρος (II) Fe(II)Cl_2

Χλωριούχος σίδηρος (III) Fe(III)Cl_3

Βρωμιούχος κασσίτερος (II) Sn(II)Br_2

Βρωμιούχος κασσίτερος (IV) Sn(IV)Br_4

(3) - ΕΙΔΙΟ

Το -ΕΙΔΙΟ χρησιμοποιείται για να δείξει ότι η χημική ένωση αποτελείται μόνο από δύο στοιχεία. Συμβατικά τα μέταλλα αναγράφονται και διαβάζονται μετά τα αμέταλλα. Έτσι έχουμε:

Οξείδιο του μαγνησίου MgO

(Mg σθένος 2, O σθένος 2)

Θειούχο κάλιο K_2S

(K σθένος 1, S σθένος 2)

Το -ΕΙΔΙΟ κατ' εξαίρεση χρησιμοποιείται και για τη ρίζα υδροξύλιο (-OH). Έτσι έχουμε:

Υδροξείδιο του ασβεστίου Ca(OH)_2

(Ca σθένος 2, OH σθένος 1)

(4) - ΩΔΗΣ και - ΙΚΟΣ

Οι καταλήξεις -ΩΔΗΣ και -ΙΚΟΣ χρησιμοποιούνται όταν η χημική ένωση περιέχει περισσότερα από δύο στοιχεία, από τα οποία το ένα είναι το οξυγόνο. Για τις αναφερόμενες ενώσεις που έχουν κατάληξη σε

-ΩΔΗΣ αυτές έχουν πάντα λιγότερο οξυγόνο από αυτές που έχουν κατάληξη σε -ΙΚΟΣ.

Θειώδες (-ωδης) νάτριο Na_2SO_3 (Na σθένος 1, SO_3 σθένος 2)

Θειϊκό νάτριο Na_2SO_4 (SO_4 σθένος 2)

Νιτρώδες κάλιο KNO_2 (K σθένος 1, NO_2 σθέν.1)

Νιτρικό κάλιο KNO_3 (NO_3 σθένος 1)

Θειώδες οξύ H_2SO_3 δίνει θειώδη ρίζα - SO_3

Θειϊκό οξύ H_2SO_4 δίνει θειϊκή ρίζα - SO_4

Νιτρώδες οξύ HNO_2 δίνει νιτρώδη ρίζα - NO_2

Νιτρικό οξύ HNO_3 δίνει νιτρική ρίζα - NO_3

(5) Μονο-, Δι-, Τρι-, Τετρα-, Πεντα-,

Τα αριθμητικά μονο-, δι-, τρι-, τετρα- και πεντα- χρησιμοποιούνται για να δείξουν πόσα από τα συγκεκριμένα άτομα ή ρίζες είναι παρόντα.

Μονο- = 1 π.χ. μονοξείδιο του άνθρακα CO

Δι- = 2 π.χ. διοξείδιο του άνθρακα CO₂

Τρι- = 3 π.χ. τριοξείδιο του θείου SO₃

Τετρα- = 4 π.χ. τετραχλωριούχος άνθρακας CCl₄

Πεντα- = 5 π.χ. πενταχλωριούχος φωσφόρος PCl₅

(6) Υπερ-

Το υπερ- δηλώνει πάντα ότι υπάρχει περισσότερο οξυγόνο στη χημική ένωση απ' ό,τι θα υπήρχε σε κανονικές συνθήκες :

Οξείδιο του υδρογόνου (νερό) H₂O

Υπεροξείδιο του υδρογόνου H₂O₂

Χλωρικό νάτριο NaClO₃

Υπερχλωρικό νάτριο NaClO₄

6.7 Απλές εξισώσεις

Ας δούμε μια απλή χημική αντίδραση. Όταν το θείο (κίτρινο στερεό στοιχείο) καίγεται στον αέρα, ενώνεται με το οξυγόνο του αέρα και σχηματίζει ένα άχρωμο αέριο που έχει οξεία και αποπνικτική οσμή. Αυτό το αέριο ονομάζεται διοξείδιο του θείου (χημικός τύπος SO₂). Αυτή η διαδικασία δηλώνεται απλά ως εξής :

Το θείο αντιδρά με το οξυγόνο για να σχηματίσει διοξείδιο του θείου.

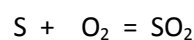
Μια παραπέρα απλοποίηση είναι η αντικατάσταση των λέξεων «αντιδρά με» από το + και «για να σχηματίσει» από το = . Τότε έχουμε :

Θείο + οξυγόνο = διοξείδιο του θείου
(αντιδρά με) (για να σχηματίσει)

Η δήλωση αυτή μπορεί να απλοποιηθεί ακόμα περισσότερο αντικαθιστώντας τα ονόματα των χημικών ουσιών με σύμβολα

και χημικούς τύπους. (Τα μόρια του οξυγόνου, όπως αυτά των περισσότερων κοινών στοιχείων που είναι αέρια, περιέχουν δυο άτομα, αλλά το θείο, όπως τα άλλα στερεά στοιχεία, θεωρείται ότι αποτελείται από μονά άτομα).

Για παράδειγμα :



Η παραπάνω σχέση αναπαριστά τη χημική εξίσωση γι' αυτή την αντίδραση. Είναι μια σύνοψη της αντίδρασης και μας λέει ότι κάθε άτομο θείου που εμπλέκεται αντιδρά με ένα μόριο οξυγόνου για να σχηματίσει ένα μόριο διοξειδίου του θείου.

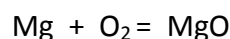
Παρατηρούμε ότι κάθε πλευρά της εξίσωσης περιέχει τον ίδιο αριθμό από κάθε τύπο ατόμων.

Αυτό είναι πάντοτε ο κανόνας όταν η χημική αντίδραση συνεπάγεται αναδιάταξη των ατόμων και όχι το σχηματισμό ή την εξαφάνισή τους.

Ας θεωρήσουμε άλλο ένα παράδειγμα. Το μαγνήσιο (μέταλλο) καίγεται στο οξυγόνο για να σχηματίσει οξείδιο του μαγνησίου (άσπρη σκόνη).

Το μαγνήσιο αντιδρά με το οξυγόνο για να σχηματίσει οξείδιο του μαγνησίου.

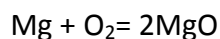
Μαγνήσιο + οξυγόνο = οξείδιο του μαγνησίου



Σ' αυτή την περίπτωση υπάρχει ο ίδιος αριθμός ατόμων μαγνησίου σε κάθε πλευρά της εξίσωσης. Αυτό δεν ισχύει στην περίπτωση των ατόμων του οξυγόνου όπου υπάρχουν δυο άτομα στην αριστερή πλευρά και μόνο ένα στη δεξιά πλευρά. Αυτό συνεπάγεται ότι άτομα οξυγόνου εξαφανίζονται κατά τη διάρκεια της χημικής αντίδρασης. Οι χημικές αντιδράσεις ποτέ δεν συνεπάγονται δημιουργία ή καταστροφή ατόμων παρά μόνον την αναδιάταξή τους. Έτσι στην

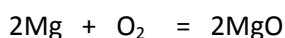
περίπτωση αυτή (και σε πολλές άλλες) μια διαδικασία που ονομάζεται ισοστάθμιση μάζας πρέπει να εκτελεστεί πριν η εξίσωση αποκτήσει πρακτική αξία. Η παραπάνω εξίσωση μπορεί να ισοσταθμιστεί με τον ακόλουθο τρόπο:

Χρησιμοποιούμε δυο μόρια οξειδίου του μαγνησίου αντί για ένα :



Τώρα έχουμε ίσους αριθμούς ατόμων οξυγόνου σε κάθε πλευρά της εξίσωσης, αλλά το μαγνήσιο δεν έχει ισοσταθμιστεί.

Χρησιμοποιούμε δυο άτομα μαγνησίου στην αριστερή πλευρά αντί για ένα:



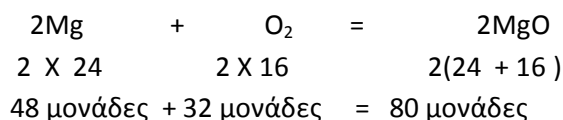
Η εξίσωση είναι τώρα σωστά ισοσταθμισμένη, επειδή η κάθε πλευρά περιέχει ίσους αριθμούς από κάθε τύπο εμπλεκόμενων ατόμων.

Στην ισοστάθμιση των εξισώσεων είναι πολύ σημαντικό ότι αλλάζουν οι αριθμοί των μορίων που χρησιμοποιούνται και όχι οι χημικοί τύποι των μορίων αυτών. Για παράδειγμα είναι λάθος να πάμε από την αντίδραση $\text{Mg} + \text{O}_2 = \text{MgO}$ στην αντίδραση $\text{Mg} + \text{O}_2 = \text{MgO}_2$ αλλάζοντας το χημικό τύπο του οξειδίου του μαγνησίου, το οποίο είναι γνωστό ως MgO . Μπορούμε να βάλουμε μόνο δυο άτομα οξυγόνου στη δεξιά πλευρά χρησιμοποιώντας δυο μόρια MgO , όπως δείξαμε παραπάνω.

6.8 Χρήση των χημικών εξισώσεων

Η ισοσταθμισμένη εξίσωση $2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO}$ μας λέει ότι δυο άτομα μαγνησίου αντιδρούν με ένα μόριο οξυγόνου για να παράγουν δυο μόρια οξειδίου του μαγνησίου. Τα άτομα αυτά και τα μόρια έχουν βάρη τα οποία εκφράζονται σε σχέση με τα ατομικά και μοριακά τους βάρη (όπως περιγράφηκε στο τμήμα 3). Το ατομικό βάρος του μαγνησίου είναι 24, αυτό του οξυγόνου είναι 16, και εάν

χρησιμοποιήσουμε αυτή την πληροφορία μαζί με την εξίσωση έχουμε:



(Δύο άτομα μαγνησίου) + (Δύο άτομα οξυγόνου) =
(Δύο μόρια MgO που το καθένα περιέχει:
ένα άτομο μαγνησίου και ένα άτομο οξυγόνου)

Οι «μονάδες» είναι φυσικά μονάδες βάρους, όπου η μία μονάδα παριστάνει το βάρος ενός ατόμου υδρογόνου. Συνεπώς, σύμφωνα με την εξίσωση, 48 μονάδες μαγνησίου θα αντιδράσουν με 32 μονάδες οξυγόνου για να σχηματίσουν 80 μονάδες οξειδίου του μαγνησίου. Με άλλα λόγια ισχύει η αναλογία:

$$\frac{\text{βάρος μαγνησίου}}{\text{βάρος οξυγόνου}} = \frac{48}{32}$$

Μια πραγματική αντίδραση ανάμεσα στο μαγνήσιο και το οξυγόνο είναι φανερό ότι θα συμπεριλάβει εκατομμύρια μόρια της κάθε ουσίας. Ας υποθέσουμε ότι «κλιμακώνουμε» την αντίδραση αυτή έως ότου να έχουμε δύο εκατομμύρια άτομα μαγνησίου αντί για δύο. Τότε τα άτομα του μαγνησίου θα αντιδράσουν με ένα εκατομμύριο άτομα οξυγόνου αντί μόνο με ένα άτομο. Δύο άτομα μαγνησίου ζυγίζουν 48 μονάδες, συνεπώς δύο εκατομμύρια άτομα μαγνησίου ζυγίζουν $48 \times 1.000.000$ μονάδες. Ομοίως ένα μόριο οξυγόνου ζυγίζει 32 μονάδες, συνεπώς ένα εκατομμύριο μόρια οξυγόνου ζυγίζουν $32 \times 1.000.000$ μονάδες, ώστε η αναλογία:

$$\frac{\text{βάρος μαγνησίου}}{\text{βάρος οξυγόνου}} \text{ θα είναι πάλι } \frac{48}{32}$$

Δεν έχει σημασία σε ποια έκταση κλιμακώνονται τα ποσά του οξυγόνου και μαγνησίου, επειδή η αναλογία:

$$\frac{\text{βάρος μαγνησίου}}{\text{βάρος οξυγόνου}} \text{ θα είναι πάντα } \frac{48}{32}$$

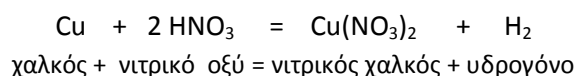
Συνεπώς:

Αν χρησιμοποιηθούν 48 γραμμάρια μαγνησίου, απαιτούνται 32 γραμμάρια οξυγόνου για να παραχθούν 80 γραμμάρια οξειδίου του μαγνησίου. Για οποιοδήποτε άλλο βάρος μαγνησίου το βάρος του οξυγόνου που απαιτείται και του οξειδίου του μαγνησίου που παράγεται βρίσκονται με μια απλή αναλογία.

6.9 Περιορισμοί χημικών εξισώσεων

6.9.1 Ρεαλιστικότητα

Μια χημική εξίσωση πρέπει να αποτελεί την περίληψη μιας γνωστής χημικής αντίδρασης. Για παράδειγμα είναι σωστό να γράψουμε την εξίσωση :



αλλά μια τέτοια εξίσωση δεν έχει αξία επειδή όταν το νιτρικό οξύ προστεθεί στο χαλκό, δεν παράγεται ποτέ υδρογόνο. Συνεπώς η εξίσωση δεν είναι αληθής.

6.9.2 Φυσική κατάσταση

Οι εξισώσεις δεν μας λένε τίποτε σχετικά με τη φυσική κατάσταση των χημικών ουσιών, είτε

αυτές είναι στερεές, υγρές ή σε αέρια κατάσταση, είτε είναι ουσίες καθαρές ή διαλυμένες στο νερό ή σε κάποιον άλλο διαλύτη, είτε ακόμη εάν τα διαλύματα αυτά είναι αραιά ή πυκνά.

6.9.3 Συνθήκες αντίδρασης

Οι εξισώσεις δεν μας λένε τίποτε σχετικά με τις συνθήκες της αντίδρασης, εάν δηλαδή πρέπει να ασκηθεί πίεση ή να χρησιμοποιηθεί θερμότητα.

6.9.4 Θερμότητα

Οι εξισώσεις δεν μας λένε τίποτα για το εάν ελευθερώνεται ή απορροφάται θερμότητα κατά τη διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης.

6.9.5 Ρυθμός αντίδρασης

Οι εξισώσεις δεν μας λένε τίποτα σχετικά με το ρυθμό της αντίδρασης, εάν δηλαδή πρόκειται για μία αργή ή βίαιη αντίδραση και εάν πρέπει να χρησιμοποιηθεί καταλύτης* για να επιταχύνει την αντίδραση σε ένα λογικό ρυθμό

Κεφάλαιο 7 – Καύση

Για την πραγματική έννοια της φωτιάς θα ήταν δύσκολο να παράγουμε μια απάντηση. Το Κεφάλαιο αυτό έχει ως στόχο να ρίξει φως στη φύση της φωτιάς, για να δώσει στον αναγνώστη μια εικόνα για τις φλόγες που αποτελούν τόσο μεγάλο μέρος της καθημερινής εμπειρίας μας και κυρίως, να αναδείξει τα διάφορα είδη της φλόγας.

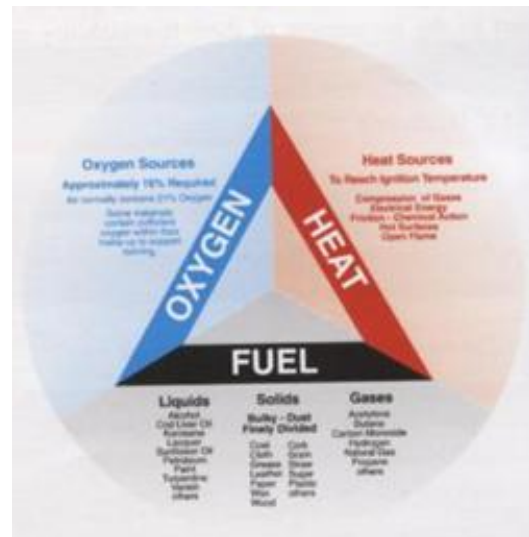
7.1 Το τρίγωνο της φωτιάς

Για να συμβεί η καύση, απαιτείται ο συνδυασμός τριών παραγόντων ,δηλαδή του οξυγόνου, της θερμότητας και της καύσιμης ύλης. Ένα καύσιμο μπορεί να είναι σε μία από τις τρεις μορφές (αέρια, υγρή ή στερεή) αρχικά, αλλά για να πραγματοποιηθεί η ανάφλεξη, το υγρό ,στερεό ή αέριο καύσιμο, πρέπει να μετατραπεί σε ατμό, ο οποίος στη συνέχεια αναμιγνύεται με τον αέρα και αντιδρά με το οξυγόνο. Η καύση, περιλαμβάνει μια αντίδραση μεταξύ του οξυγόνου (από τον αέρα) και της επιφάνειας των καυσίμων: πρόκειται για μια περίπλοκη διαδικασία.

Μια φλόγα είναι μια περιοχή στην οποία εμφανίζεται θερμική απελευθέρωση λόγω της αντίδρασης μεταξύ του καυσίμου και του οξυγόνου. Αυτή η περιοχή εκλύει επίσης φως, συνήθως με ένα έντονο κίτρινο χρώμα, αν και υπάρχουν ουσίες όπως η μεθανόλη που καίγεται με μια αδύνατη μπλε φλόγα η οποία δεν είναι ορατή στο δυνατό φως.

Ένας τρόπος για να εξετάσουμε την καύση είναι αυτός που σχετίζεται με το τρίγωνο της καύσης (σχήμα 7.1). Θεωρείται ότι για να συμβεί καύση είναι απαραίτητοι τρεις παράγοντες : η θερμότητα, το οξυγόνο και η καύσιμη ύλη ή καύσιμο. Η καύση θα

συνεχιστεί όσο χρονικό διάστημα είναι παρόντες οι τρεις παράγοντες. Η απομάκρυνση ενός παράγοντα από αυτούς θα οδηγήσει στην κατάρρευση του τριγώνου και στη διακοπή της καύσης.



Σχήμα 7.1: Το τρίγωνο της καύσης

7.2 Θερμότητα αντίδρασης και θερμαντική δύναμη

Όλες οι αντιδράσεις καύσης, όπως αυτές που αναφέρθηκαν παραπάνω, εκλύουν θερμότητα και ονομάζονται εξώθερμες αντιδράσεις. Το ποσό της θερμότητας που παράγεται ανά μονάδα βάρους του καυσίμου μπορεί να υπολογισθεί και είναι γνωστή ως θερμαντική δύναμη του καυσίμου. Για παράδειγμα, όταν καίγονται 12 gr άνθρακα προς διοξείδιο του άνθρακα, παράγονται 392.920 τζάουλ θερμότητας. Έτσι, η θερμαντική δύναμη του άνθρακα είναι:

$$\frac{392.920}{12} = 32.813 \text{ joules/gr (J/g)},$$

αφού ένα «γραμμομόριο» περιέχει 12 γραμμάρια άνθρακα.

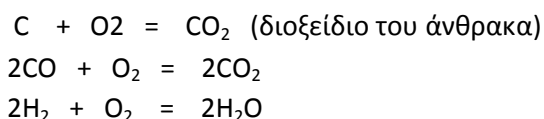
Εκτός από θερμιδική αξία, με η ποσότητα της θερμότητας που ελευθερώνεται σε μία χημική αντίδραση είναι επίσης σημαντική. Για

παράδειγμα, η καύση του μαγνησίου παράγει λιγότερη θερμότητα από την καύση του άνθρακα. . Όταν όμως εξεταστούν οι ρυθμοί αντίδρασης, βρίσκουμε ότι το μαγνήσιο έχει πολύ υψηλότερο ρυθμό καύσης από τον άνθρακα, με αποτέλεσμα η θερμότητα να ελευθερώνεται πολύ πιο γρήγορα. **Ο ρυθμός έκλυσης της θερμότητας θεωρείται ένας σημαντικός παράγοντας για το αν μια πυρκαγιά, θα εξαπλωθεί σε υλικά.** Το θερμιδόμετρο είναι μια συσκευή που έχει κατασκευαστεί για την μέτρηση της ποσότητας αυτής, καθώς και για την αξιολόγηση της ευφλεκτότητας και καταλληλότητας διαφόρων οικοδομικών υλικών.

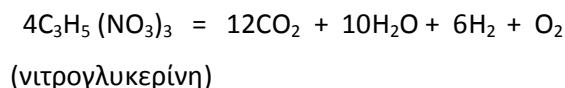
7.2.1 Οξείδωση

Οξείδωση καλείται η αντίδραση στην οποία λαμβάνει μέρος οξυγόνο ή άλλο οξειδωτικό μέσο. Οι παρακάτω αντιδράσεις είναι τυπικά παραδείγματα καύσης :

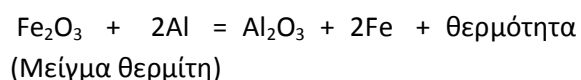
(α) Το οξυγόνο παρέχεται από τον αέρα.



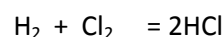
(β) Η καύση γίνεται με κατανάλωση του οξυγόνου που περιέχεται στο καιόμενο υλικό, δηλαδή το καύσιμο υλικό και το οξειδωτικό μέσο βρίσκονται στην ίδια ένωση.



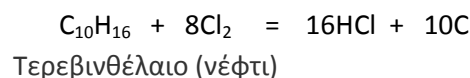
(γ) Το οξυγόνο λαμβάνεται από ένα από τα υλικά του μείγματος. Η αντίδραση του θερμότη είναι μια τέτοια περίπτωση:



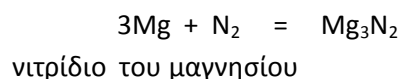
(δ) Άλλα στοιχεία επίσης εκτός από το οξυγόνο μπορούν να θεωρηθούν ως οξειδωτικά μέσα. Τέτοια στοιχεία είναι το χλώριο και το φθόριο. Έτσι η καύση μπορεί να επέλθει και με τις ουσίες αυτές. Το υδρογόνο θα καεί με το χλώριο προκαλώντας με εκρηκτικό τρόπο:



Πολλά οργανικά υλικά (δηλαδή υλικά που βασίζονται στη χημεία του άνθρακα) θα καούν εύκολα σε περιβάλλον αλογόνων αέριων :



Το άζωτο συνήθως δεν θεωρείται οξειδωτικό μέσο ή στοιχείο που λαμβάνει μέρος στην αντίδραση της καύσης, μερικά όμως μέταλλα καίγονται βίαια σε περιβάλλον αζώτου. Το μαγνήσιο, το αλουμίνιο και τα κράματά τους σχηματίζουν νιτρίδια σε αντιδράσεις καύσης :



7.3 Η φύση της φλόγας

Εάν μια ποσότητα παραφίνης θερμανθεί, η θερμοκρασία της θα αυξηθεί και εύφλεκτοι ατμοί θα εξατμιστούν από την επιφάνεια. Όταν η θερμοκρασία του υγρού φτάνει περίπου τους 50 - 55 °C (η σημείο ανάφλεξης, όπως θα δούμε αργότερα), το ποσοστό της εξάτμισης είναι αρκετά υψηλό, έτσι ώστε οι ατμοί να μπορούν να αναφλεγούν από μια μικρή φλόγα, ή έναν σπινθήρα, και να υποστηρίξουν τη συνέχιση της καύσης πάνω από την επιφάνεια. Με τη συνέχιση της καύσης για κάποιο χρονικό διάστημα, η επιφάνεια του καυσίμου θα φτάσει κοντά στο σημείο βρασμού του, παρέχοντας εύφλεκτα αέρια στη φλόγα.

Το μέτωπο της φλόγας που προέρχεται από μία τοπική πηγή ανάφλεξης αναπτύσσεται σε εύφλεκτο περιβάλλον. Αρχίζει τότε μία μορφή χημικής αντίδρασης στο στρώμα του αερίου που είναι σε επαφή με την πηγή, με αποτέλεσμα η θερμότητα και αυτό που αποκαλούμε φορείς αλυσιδωτών αντιδράσεων να περνούν στο επόμενο στρώμα του αερίου και να συνεχίζουν τον κύκλο της αντίδρασης, όπως οι δρομείς σε έναν αγώνα σκυταλοδρομίας. Οι φορείς των αλυσιδωτών αντιδράσεων πιστεύεται ότι είναι άτομα ή τμήματα μορίων γνωστά

ως ελεύθερες ρίζες, οι οποίες έχουν πολύ μεγάλη ικανότητα αντίδρασης. Η καύση είναι μια μορφή αντίδρασης γνωστή ως αλυσιδωτή αντίδραση.

Στην πραγματικότητα, υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι φλόγας: η προαναμεμειγμένη φλόγα και η φλόγα διάχυσης. Έχουν διαφορετικές ιδιότητες, αν και οι δύο είναι γνωστές από την καθημερινή εμπειρία. Είναι σημαντικό να κατανοηθεί ότι κάθε μια συμπεριφέρεται διαφορετικά: κάτω από διαφορετικές συνθήκες καυσίμου και αέρα μπορούν να συνδυαστούν με διάφορους τρόπους να παράγουν πολύ διαφορετικά αποτελέσματα.

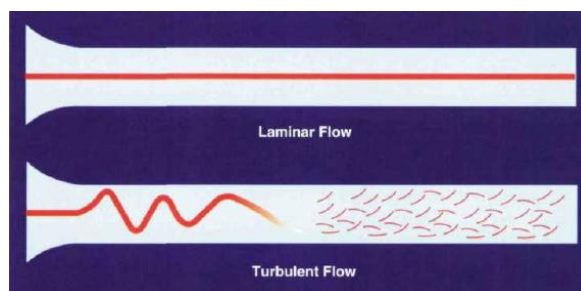
7.4 Στρωτή και τυρβώδης ροή

πριν συζητήσουμε για την φλόγα θα ήταν χρήσιμο να εξετάσουμε τους δύο τύπους ροής των αερίων: στρωτή και τυρβώδη ροή.

Στρωτή Ροή (εικόνα 7.2) είναι η σταθερή ροή στην οποία δύο σωματίδια ξεκινάνε από δοθέν σημείο και ακολουθούν την ίδια διαδρομή. Τα σωματίδια ποτέ δεν διασταυρώνουν την διαδρομή τους, έτσι τα ξεχωριστά μονοπάτια συσσωρεύονται μαζί όπως τα άβραστα μακαρόνια σε ένα πακέτο. Σε κάθε δεδομένη στιγμή, οι ταχύτητες όλων των σωματιδίων σε ένα μονοπάτι είναι οι ίδιες, αλλά οι ταχύτητες των σωματιδίων σε διαφορετικά μονοπάτια μπορεί να είναι διαφορετικές. Η Στρωτή ροή συνδέεται με την αργή ροή πάνω από λείες επιφάνειες.

Στην **τυρβώδη ροή**, (εικόνα 7.2) υπάρχουν τυχαίες αλλαγές στην ταχύτητα και την κατεύθυνση της ροής, αν και η ροή σαν ολότητα κινείται σε καθορισμένη διεύθυνση. Μοιάζει με τον αέρα που φυσάει σε ένα δρόμο μια μέρα με πολύ αέρα, φύλλα και σκουπίδια μπορεί να παρασύρονται κάτω, δεξιά κι αριστερά, αποκαλύπτοντας τις τοπικές αλλαγές της ροής του αέρα, αλλά η γενική κατεύθυνση θα παραμένει σταθερή.

Τυρβώδης ροή τείνει να συμβαίνει σε γρήγορες ροές πάνω από τραχιές επιφάνειες και γύρω από εμπόδια.



Εικόνα 7.2: Στρωτή και τυρβώδης ροή

Μια δέσμη χρωματιστού νερού εισάγεται σε ένα ρεύμα νερού που ρέει. Όταν η ροή είναι μικρή, δεν προκαλείται ανάμιξη, όπως φαίνεται στην πάνω εικόνα. Σε μεγαλύτερες ταχύτητες, η χρωματιστή δέσμη γίνεται ασταθής, διασπάται και προκαλείται ανάμιξη.

7.5 Προαναμεμειγμένες φλόγες και φλόγες διάχυσης

Όπως έχουμε δει, η φλόγα είναι η περιοχή στην οποία λαμβάνουν χώρα οι χημικές αντιδράσεις που μετατρέπουν τις άκαυστες αναθυμιάσεις του καυσίμου σε αέρια προϊόντα της καύσης: για παράδειγμα, το μεθάνιο και το οξυγόνο αντιδρούν παράγοντας διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμούς. Απαιτείται μια ορισμένη ποσότητα θερμικής ενέργειας για να ξεκινήσει αυτή η αντίδραση, όμως παράγεται περισσότερη θερμότητα από την αντίδραση από ό, τι χρειάζεται για να ξεκινήσει αρχικά, έτσι ώστε η διαδικασία της καύσης είναι αυτοτροφοδοτούμενη.

Προαναμεμειγμένες φλόγες απαντώνται όταν το καύσιμο είναι καλά αναμειγμένο με το οξειδωτικό, π.χ., 10% μεθάνιο αναμειγμένο με τον αέρα. Για να συμβεί ανάφλεξη, πρέπει να παρασχεθεί ενέργεια να στο σύστημα με τη μορφή ενός σπινθήρα ή μιας μικρής φλόγας. Η αυτοτροφοδοτούμενη φλόγα που θα δημιουργηθεί γύρω από την πηγή ανάφλεξης, στη συνέχεια να διαδοθεί προς όλες τις κατευθύνσεις.

Η φλόγα αποτελείται από μια ζώνη όπου το τα ψυχρά άκαυτα αέρια (αντιδρώντα) μετατρέπονται σε θερμά αέρια καύσης (προϊόντα). Η ζώνη καύσης της προαναμεμειγμένης φλόγας μπορεί να έχει πάχος μικρότερο από 1 mm. Δεδομένου ότι ο όγκος των θερμών αερίων της καύσης είναι μεγαλύτερος από εκείνον της ίδιας μάζας άκαυστων ψυχρών αερίων, το μέτωπο της φλόγας ωθείται προς τα έξω από το σημείο ανάφλεξης, όπως η επιφάνεια ενός μπαλονιού που φουσκώνει.

Δεν καίγεται κάθε μείγμα αέρα και καυσίμου. Ανάλογα με τον τύπο του καυσίμου και το οξειδωτικό (αέρας ή καθαρό οξυγόνο, για παράδειγμα), ένα μίγμα αρχικά σε συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης δωματίου θα καεί μόνο αν η συγκέντρωση των καυσίμων βρίσκεται μεταξύ ορισμένων σαφώς καθορισμένων ορίων, που ονομάζονται όρια αναφλεξιμότητας.

Για παράδειγμα, μίγμα μεθανίου και αέρα θα καεί μόνο αν η συγκέντρωση του μεθανίου στον αέρα βρίσκεται μεταξύ 5% και 15%, ενώ το υδρογόνο θα καεί στον αέρα σε συγκεντρώσεις μεταξύ 4% και 75%.

Πίνακας 7.1

Όρια αναφλεξιμότητας (εκατοστιαία κατ' όγκον σύσταση καυσίμου/ αέρα).

Αέριο	Κατώτερο όριο	Ανώτερο όριο
Υδρογόνο	4,1	74
Μονοξείδιο του άνθρακα	12,5	74,2
Μεθάνιο	5	15
Βουτάνιο	1,5	9
Αιθυλένιο	2,7	28,6
Ακετυλένιο	2,5	80

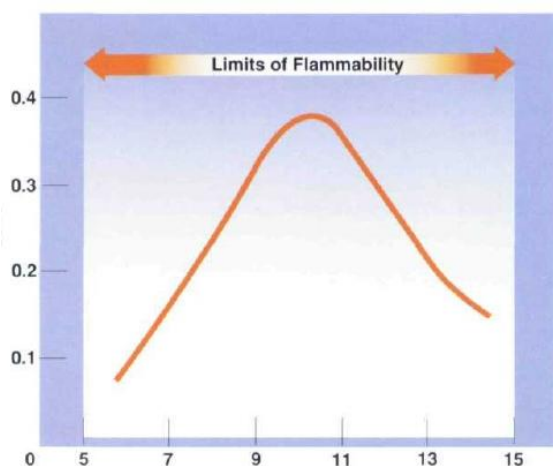
Οι αριθμοί που αναφέρονται για την ευφλεκτότητα μπορεί να ποικίλλουν, καθώς υπάρχουν μια σειρά από παράγοντες που μπορεί να αλλάξουν ελαφρώς την τιμή: πίεση, θερμοκρασία, διαστάσεις της συσκευής

δοκιμής, η κατεύθυνση της διάδοσης της φλόγας και η περιεχόμενη υγρασία του μίγματος, όλα έχουν κάποια επίδραση. (Σε γενικές γραμμές, τα όρια διευρύνονται με άνοδο της θερμοκρασίας.) Εντός αυτών των ορίων, υπάρχει ένα άριστο μείγμα στο οποίο υπάρχει επάρκεια καυσίμου για να καταναλωθεί όλο το οξυγόνο. Αυτό είναι το στοιχειομετρικό μίγμα.

Μείγματα που περιέχουν περισσότερο καύσιμο από το στοιχειομετρικό μείγμα είναι γνωστά ως πλούσια μείγματα, ενώ αυτά που περιέχουν λιγότερο καύσιμο είναι το φτωχά μείγματα. Η στοιχειομετρική αναλογία μίγματος για το μεθάνιο είναι 9,4%. Ένα 7% μίγμα είναι φτωχό, ενώ ένα 12% μίγμα είναι πλούσιο. Για κάθε μίγμα καυσίμου και αέρα μεταξύ των ορίων αναφλεξιμότητας, υπάρχει μια χαρακτηριστική ταχύτητα καύσης με την οποία μια προαναμεμειγμένη φλόγα θα διαδίδεται μέσα σε ένα στάσιμο αέριο.

Οι ταχύτητες καύσης συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 0,1 και 1,0 m/s. Τείνουν να κορυφωθούν όταν υπάρχει στοιχειομετρική σύνθεση και πέφτουν όσο η σύνθεση πλησιάζει τα όρια αναφλεξιμότητας [Σχήμα 7.3]. Η ταχύτητα καύσης υπαγορεύεται από τις εμπλεκόμενες χημικές διεργασίες - πόσο γρήγορα το καύσιμο αντιδρά με το οξυγόνο. Τα μόρια του μεθανίου και το οξυγόνο δεν συνδυάζονται απλά στιγμιαία για να σχηματίσουν διοξείδιο του άνθρακα και υδρατμούς, αλλά σχηματίζουν ελεύθερες ρίζες και ενδιάμεσα, όπως η φορμαλδεΰδη και το μονοξείδιο του άνθρακα στην πορεία για την ολοκλήρωση της αντίδρασης.

Εάν το μείγμα ρέει σε μια φλόγα με στρωτή ροή και ταχύτητα είναι ίση με την ταχύτητα καύσης του μίγματος, η φλόγα μπορεί να θεωρηθεί σταθερή. Με τον τρόπο αυτό, οι προαναμεμειγμένες φλόγες σε λύχνους Bunsen, μάτια αερίου κλπ., διατηρούνται σταθερές.



Διάγραμμα 7.1. Όρια αναφλεξιμότητας, ταχύτητα καύσης και περιεκτικότητα % μεθανίου στον αέρα.

Τοπικά ρεύματα αέρα και αναταράξεις που προκαλούνται από εμπόδια μπορεί να προκαλέσουν αύξηση της ταχύτητας μιας φλόγας σε τιμές πολύ μεγαλύτερες από την ταχύτητα καύσης. Η ταχύτητα με την οποία κινείται μια φλόγα σε σχέση με έναν παρατηρητή είναι η **ταχύτητα της φλόγας**, η οποία είναι διαφορετική από την ταχύτητα καύσης. Για παράδειγμα, η ταχύτητα καύσης ενός στοιχειομετρικού μίγματος μεθανίου-αέρα είναι $0,45 \text{ m/s}$. Αν τα άκαυτα αέρια δεν είναι πλέον σε ήρεμη κατάσταση, η φλόγα διαδίδεται με την τοπική ταχύτητα ροής, συν την ταχύτητα καύσης. Όσο η φλόγα γίνεται πιο γρήγορη, στο μέτωπο της φλόγας δημιουργούνται κυματισμοί, καθώς προκαλούνται αναταράξεις στο άκαυτο αέριο, αυξάνοντας την επιφάνεια του μετώπου της πυρκαγιάς. Αυτό αυξάνει την ταχύτητα της αντίδρασης της καύσης και το ρυθμό παραγωγής καυσαερίων, σπρώχνοντας έτσι το μέτωπο της φλόγας γρήγορα προς τα εμπρός. Σε καταστάσεις έκρηξης, η ταχύτητα της φλόγα μπορεί να φτάσει τα εκατοντάδες μέτρα ανά δευτερόλεπτο, σε μίγματα αερίου-αέρα, αν και η **ταχύτητα καύσης** του μίγματος κανονικά θα ήταν πολύ χαμηλότερη. Αξίζει να επισημανθεί η διάκριση μεταξύ αυτών των όρων ταχύτητα φλόγας και ταχύτητα καύσης, δεδομένου ότι παλαιότερα χρησιμοποιούνταν

ταυτόσημα. Είναι δυνατόν να επιτευχθούν υπερηχητικές ταχύτητες φλόγας, όταν η περιοχή καύσης συνδέεται άμεσα με το ωστικό κύμα: αυτό το φαινόμενο ονομάζεται έκρηξη (**detonation**).

Οι **Φλόγες διάχυσης** συμβαίνουν σε ένα περιβάλλον, όπου συναντιούνται ατμοί καυσίμου και αέρας. Σε αντίθεση με τις προαναμεμειγμένες φλόγες, οι ατμοί του καυσίμου και το οξειδωτικό βρίσκονται ξεχωριστά πριν από την καύση. Η κυρίαρχη διαδικασία στις φλόγες διάχυσης είναι η διαδικασία ανάμιξης. οι ατμοί του καυσίμου και το οξυγόνο αναμιγνύονται μεταξύ τους με μοριακή διάχυση, η οποία είναι μια σχετικά αργή διαδικασία, αν και οι υψηλές θερμοκρασίες που σχετίζονται με τις φλόγες αυξάνουν το ρυθμό διάχυσης.

Οι **Φλόγες διάχυσης** διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Στις βραδυφλεγείς φλόγες διάχυσης, όπως οι φλόγες των κεριών, οι ατμοί του καυσίμου ανεβαίνουν σιγά-σιγά από το φυτίλι με μια στρωτή ροή και η μοριακή διάχυση κυριαρχεί. Αυτός ο τύπος φλόγας καλείται **στρωτή φλόγα διάχυσης (laminar diffusion flame)**.

Στους βιομηχανικούς καυστήρες, το καύσιμο ψεκάζεται με μεγάλη ταχύτητα στον αέρα ως σπρέι ή πίδακας. Αυτό προκαλεί αναταραχή στο χώρο όπου πραγματοποιείται η ανάμιξη. Αυτό δίνει στη φλόγα ένα εξαιρετικά μεγάλη επιφάνεια σε σύγκριση με την σχετικά μικρή επιφάνεια της ομαλής διεπαφής καυσίμου / αέρα στη φλόγα του κεριού. Σε αυτή την ταραγμένη περίπτωση, είναι η μεγάλη περιοχή διεπαφής, και όχι η μοριακή διάχυση, αυτό που καθορίζει το ρυθμό της ανάμιξης. Αυτός ο τύπος φλόγας καλείται **τυρβώδης φλόγα διάχυσης (turbulent diffusion flame)**.

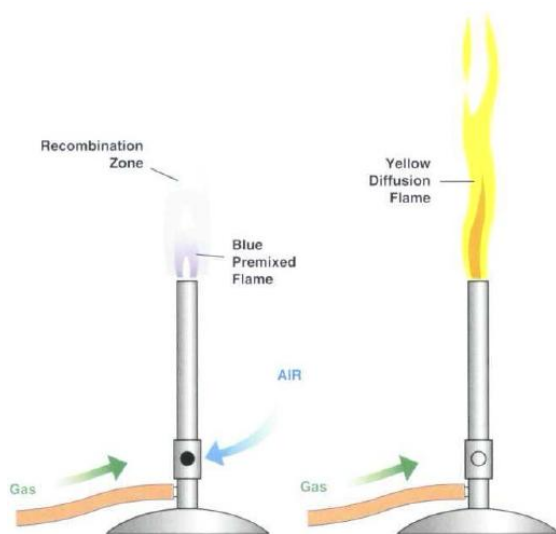
Σε μια μεγάλη πυρκαγιά (π.χ. πάνω από 1 μέτρο διάμετρο), οι φλόγες είναι τυρβώδεις φλόγες διάχυσης και η αναταραχή παράγεται από τις ίδιες τις φλόγες. Μέσα στη φλόγα,

υπάρχουν περιοχές με υψηλή θερμοκρασία και χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου, όπου οι ατμοί του καυσίμου υποβάλλονται σε ένα μίγμα πυρόλυσης (χημική αποσύνθεση απουσία οξυγόνου) και μερικής οξείδωσης, που οδηγεί στο σχηματισμό σωματιδίων αιθάλης και προϊόντων ατελούς καύσης, ιδίως μονοξειδίου του άνθρακα (CO). Αυτά είναι η πηγή του καπνού και των αερίων που καθιστούν τα προϊόντα της πυρκαγιάς τοξικά.

7.6 Πρακτικά παραδείγματα φλόγας

7.6.1 Ο λύχνος Bunsen

Ο λύχνος Bunsen (Εικόνα 7.4) είναι γνωστός από τα εργαστήρια. Μπορεί να παράγει και τους δύο τύπους της φλόγας – προαναμεμιγμένη και διάχυσης. Το καύσιμο αέριο εισάγεται με πίεση στη βάση του καυστήρα. Αν το κολάρο εισαγωγής αέρα στο κάτω μέρος είναι ανοικτό, ο αέρας παρασύρεται από τη ροή καυσίμου και η ανάμειξη συμβαίνει στη στήλη καυστήρα. Μια απαλή μπλε κωνική φλόγα είναι ορατή πάνω από την κορυφή του καυστήρα. Αυτή είναι μια στρωτή προαναμεμιγμένη φλόγα. Όταν το στόμιο εισόδου του αέρα είναι κλειστό, παράγεται μια κίτρινη φλόγα διάχυσης.



Εικόνα 7.4: Ο λύχνος Bunsen

7.6.2 Η φλόγα του κεριού

Όταν ένα σπίρτο πλησιάζει το φυτίλι του κεριού σκοτεινό, το κερί λιώνει και ανεβαίνει

το φυτίλι λόγω τριχοειδούς δράσης. Εκεί εξατμίζεται και μια φλόγα ανάβει, στη διεπαφή μεταξύ του καυσίμου που εξατμίζεται και του περιβάλλοντα αέρα. Το καύσιμο και ο αέρας δεν αναμειγνύονται πριν από την καύση, έτσι η φλόγα είναι μια φλόγα διάχυσης. Μόλις η φλόγα ανάψει, η διαδικασία της τήξης, εξάτμισης και καύσης θα είναι αυτάρκης, γιατί η θερμότητα μεταφέρεται από τη φλόγα πίσω στο φυτίλι και διατηρήσει την τήξη και τη διαδικασία εξάτμισης.

7.6.3 Σημείο Ανάφλεξης, Σημείο Καύσης

Φανταστείτε ένα ταψί με εύφλεκτο υγρό, όπως η παραφίνη. Υπάρχει μια περιοχή πάνω από την επιφάνεια του υγρού στην οποία οι ατμοί του καυσίμου που εξατμίζεται αναμειγνύονται καλά με τον αέρα. Εάν η παραφίνη θερμανθεί πάνω από περίπου τους 40°C, αυτό η καλά αναμεμιγμένη περιοχή θα καταστεί εύφλεκτη - δηλαδή, η συγκέντρωση ατμών στον αέρα θα είναι πάνω από το κατώτατο όριο ευφλεκτότητας του καυσίμου.

Η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία συμβαίνει αυτό ονομάζεται «**ΣΗΜΕΙΟ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ**», η θερμοκρασία του υγρού στην οποία η εφαρμογή μιας πηγής ανάφλεξης θα προκαλέσει την εξάπλωση της φλόγας σε όλη την επιφάνεια του υγρού.

Αυτή είναι μια προαναμεμιγμένη φλόγα η οποία κινείται μέσα στο μείγμα ατμών/αέρα, αλλά, ακριβώς στο σημείο ανάφλεξης, θα σβήσει, γιατί θα έχει καταναλώσει όλη την ποσότητα των ατμών. Εάν η θέρμανση συνεχιστεί, η θερμοκρασία θα φτάσει σε ένα σημείο στο οποίο η ανάφλεξη των ατμών θα οδηγήσει σε "καθολική ανάφλεξη", ακολουθούμενη από την ανάπτυξη μιας αυτοσυντηρούμενης φλόγας διάχυσης στην επιφάνεια της φλόγας.

Αυτή η θερμοκρασία είναι γνωστή ως «σημείο καύσης», η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία ο ρυθμός παραγωγής ατμών καυσίμου (λόγω εξάτμισης) μπορεί να συντηρήσει τη φλόγα.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι συσκευών και δοκιμών για τον προσδιορισμό του σημείου ανάφλεξης ενός υγρού. Είναι απαραίτητο να παρατίθεται πάντα ο τύπος της δοκιμής για κάθε τιμή που αναφέρεται, καθώς οι δοκιμές αυτές δε δίνουν ακριβώς τα ίδια αποτελέσματα. Επίσης, το σημείο ανάφλεξης επηρεάζεται από την πίεση: Οι τιμές που αναφέρονται στα εγχειρίδια, κλπ., προσαρμόζεται στην κανονική ατμοσφαιρική πίεση. Διορθώσεις θα πρέπει να γίνονται για εφαρμογές σε υψηλό υψόμετρο.

Ο όρος "flash fire" χρησιμοποιείται για να περιγράψει τι θα συμβεί όταν η θερμοκρασία του καυσίμου είναι πολύ μεγαλύτερη από το σημείο ανάφλεξης και υπάρχει ζώνη εύφλεκτων ατμών / αέρα σε κάποια απόσταση από την επιφάνεια του υγρού. Αυτό μπορεί να συμβεί αν υπάρχει διαρροή βενζίνης (σημείο ανάφλεξης περίπου -40°C), που δημιουργεί μια μεγάλη λίμνη. Εάν μια πηγή ανάφλεξης πλησιάσει στην εύφλεκτη ζώνη, μια προαναμεμειγμένη φλόγα θα ανάψει, προκαλώντας την πλήρη ανάφλεξη στο πλούσιο σε καύσιμο μείγμα πάνω από την επιφάνεια του υγρού και θα οδηγήσει σε μια μεγάλη πυρκαγιά (τυρβώδη φλόγα διάχυσης).

Σε μια συνεχή πυρκαγιά αυτού του τύπου, οι φλόγες θα καίνε συνεχώς πάνω από την επιφάνεια έως ότου καταναλωθεί το καύσιμο (ή όταν η φωτιά σβήσει). Τα εύφλεκτα στερεά καίγονται, κατ'αρχήν, με τον ίδιο τρόπο, αν και ο σχηματισμός των ατμών του καυσίμου περιλαμβάνει χημική αποσύνθεση των στερεών που απαιτεί περισσότερη ενέργεια από ό τι η απλή εξάτμιση. Για το λόγο αυτό, τα στερεά έχουν την τάση να καίγονται πολύ πιο αργά από τα εύφlekτα υγρά.

7.6.4 Σφαίρα Φωτιάς

Μια Σφαίρα φωτιάς μπορεί να προκληθεί όταν ένα μίγμα ατμών και σταγονιδίων σε μορφή ομίχλης σχηματίζει ένα νέφος με πολύ λίγο αέρα, για παράδειγμα όταν ένα δοχείο που περιέχει υγρό καύσιμο υπό πίεση, όπως υγραέριο, διαρραγεί. Η συγκέντρωση

οξυγόνου σε αυτό το νέφος είναι πολύ χαμηλή για να πραγματοποιηθεί προαναμεμειγμένη καύση, αλλά αν υπάρξει μια πηγή ανάφλεξης στο όριο μεταξύ του καυσίμου και του περιβάλλοντα αέρα, μια προαναμεμειγμένη φλόγα θα διαπεράσει την εύφλεκτη ζώνη, και θα προκαλέσει τη δημιουργία μιας φλόγας διάχυσης. Η μπάλα φωτιάς που θα προκληθεί, θα ανεβαίνει προς τα πάνω καθώς θα καίγεται

Καθώς η καύση προχωρεί, θα προκληθούν αστάθειες στην επιφάνεια της φλόγας, αυξάνοντας τη διαθέσιμη επιφάνεια για να πραγματοποιηθεί η αντίδραση. Η Σφαίρα φωτιάς θα αυξηθεί σε μέγεθος μέχρι να εξαντληθεί το καύσιμο. Στη συνέχεια, θα συρρικνωθεί και να σβήσει.

7.6.5 εκρήξεις νέφους ατμών

Εάν ένα αέριο ή ατμός υπό πίεση διαρρέυσει λόγω ρήξης σε μια δεξαμενή αποθήκευσης ή σε σωληνώσεις, είναι πιθανό να υπάρξει ταχεία ανάμειξη του καυσίμου με τον αέρα, παράγοντας ένα νέφος μίγματος καυσίμου-αέρα, μέρος του οποίου θα είναι σε συγκεντρώσεις εντός των ορίων ευφλεκτότητας. Εάν μια πηγή ανάφλεξης είναι παρούσα στο νέφος, μια προαναμεμειγμένη φλόγα θα κινηθεί προς τα έξω προς όλες τις κατευθύνσεις από την πηγή. Η φλόγα θα μεταδοθεί μέσω της περιοχής του νέφους το οποίο βρίσκεται εντός των ορίων αναφλεξιμότητας.

Μετά την ανάφλεξη, τυχόν εμπόδια, όπως δοχεία και δεξαμενές καθώς και σωληνώσεις θα προκαλέσουν αναταράξεις στο μείγμα ατμών / αέρα μπροστά από τη φλόγα, και θα δημιουργήσουν κυματισμό στη φλόγα. Αυτό θα αυξήσει την ωφέλιμη επιφάνεια της φλόγας, αυξάνοντας το ρυθμό της καύσης και την ταχύτητα της φλόγας. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει υπερπίεση που κάτω από αντίξοες συνθήκες μπορεί να προκαλέσει εκρηκτικά αποτελέσματα. Πιστεύεται ότι αυτός ο μηχανισμός ήταν υπεύθυνος για πολλά μεγάλα ατυχήματα.

7.7 Ανάφλεξη

Για να συμβεί ανάφλεξη, πρέπει να παρασχεθεί επαρκής θερμική ενέργεια στο αέριο καύσιμο και το οξειδωτικό, είτε είναι αναμεμειγμένα εντός των ορίων αναφλεξιμότητας ή στη διεπαφή μεταξύ του καυσίμου και του οξειδωτικού, για να ξεκινήσει μια αυτοσυντηρούμενη χημική αντίδραση. Η ενέργεια αυτή παρέχεται με φλόγα ή σπινθήρα ή από μια θερμή επιφάνεια. Σε αυτό το σύντομο κεφάλαιο θα δούμε κάποιους λιγότερο προφανείς τρόπους με τους οποίους μπορεί να συμβεί ανάφλεξη.

7.7.1 Θερμοκρασία αυτόματης ανάφλεξης (Spontaneous ignition)

Είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία η ουσία αναφλέγεται αυτόματα, δηλαδή η ουσία θα καεί χωρίς την εφαρμογή μιας φλόγας ή άλλη πηγή ανάφλεξης. Μερικές φορές καλείται θερμοκρασία αυτανάφλεξης. *

Για ορισμένα υλικά, η θερμοκρασία ανάφλεξης μπορεί να είναι τόσο χαμηλή, ώστε υπάρχει κίνδυνος να αναφλεγούν κάτω από κανονικές συνθήκες, ή σε θερμοκρασίες που το υλικό μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην καθημερινή χρήση. Για τέτοια υλικά υπάρχουν συνήθως διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με τον ασφαλή χειρισμό τους.

7.7.2 Αυτό-θέρμανση και αυτόματη ανάφλεξη

Ορισμένα υλικά μπορεί να αντιδράσουν με το οξυγόνο σε θερμοκρασία δωματίου. Ενώσεις, όπως το λινέλαιο που περιέχουν διπλό δεσμό άνθρακα-άνθρακα, είναι πολύ επιρρεπή σε αυτή την αντίδραση, αλλά και κάθε οργανικό υλικό που αποθηκεύεται σε μεγάλες ποσότητες μπορεί να είναι ύποπτο, ειδικά αν έχει αποθηκευτεί σε υψηλή θερμοκρασία.

Φανταστείτε ένα σωρό από ρούχα εμποτισμένα με λινέλαιο. Δεδομένου ότι το ύφασμα είναι πορώδες, το οξυγόνο του αέρα θα είναι σε θέση να φτάσει στο κέντρο του σωρού. Το λινέλαιο θα οξειδωθεί αργά, ακόμα και σε θερμοκρασία δωματίου, απελευθερώνοντας

θερμότητα. Επειδή το κέντρο του σωρού είναι καλά μονωμένο από τα γύρω πανιά, θα δημιουργηθεί θερμότητα και η θερμοκρασία θα αυξηθεί. Καθώς η θερμοκρασία ανεβαίνει, αυξάνεται ο ρυθμός της αντίδρασης - για κάθε περίπου 10°C αύξηση της θερμοκρασίας, ο ρυθμός της αντίδρασης διπλασιάζεται- έτσι ακόμα περισσότερη θερμότητα εκλύεται και η θερμοκρασία ανεβαίνει πιο γρήγορα.

Αν η θερμότητα παράγεται πιο γρήγορα από ότι μπορεί να διαφύγει, η θερμοκρασία θα συνεχίσει να αυξάνεται μέχρι το σημείο στο οποίο αρχίζει ενεργής καύση, συνήθως βαθειά μέσα στη μάζα του υλικού. Η καύση θα ξεκινήσει ως μια διαδικασία αργής καύσης, μέχρι την επιφάνεια του σωρού όπου να ξεκινήσει η ανάφλεξη.

Η αυτόματη ανάφλεξη θα πρέπει να θεωρείται ως πιθανή αιτία σε πυρκαγιές για τις οποίες δεν υπάρχει προφανής πηγή ανάφλεξης. Είναι όμως αναγκαίο να αποδειχθεί ότι το σχετικό υλικό έχει την τάση να αυτοθερμαίνεται, και ότι επαρκής ποσότητα έχει αποθηκευτεί με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχει την απαραίτητη θερμική μόνωση στο εσωτερικό του σωρού. Ένας χρήσιμος πρακτικός κανόνας είναι ότι εάν το υλικό δεν παράγει ένα άκαμπτο υπόλειμμα όταν θερμαίνεται, είναι πολύ απίθανο να αυτο-θερμανθεί μέχρι την ανάφλεξη.

Μερικές φορές η δράση των βακτηρίων σε ορισμένα οργανικά υλικά μπορεί να προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας και να οδηγήσει τελικά σε ενεργή ανάφλεξη (οι θημωνιές ήταν επιρρεπείς σε αυτό). Υλικά σε μορφή σκόνης, όπως η σκόνη άνθρακα που χρησιμοποιείται σε σταθμούς παραγωγής ενέργειας και ορισμένα μέταλλα, μπορεί να υποστούν αυτόματη ανάφλεξη. Τα αποθέματα άνθρακα σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, σε περίπτωση που είναι λάθος αποθηκευμένα σε πολύ μεγάλους σωρούς, μπορεί να αυτο-θερμανθούν και να αναφλεγούν. Κατά την παρασκευή ορισμένων πλαστικών (π.χ., αφρός

πολυουρεθάνης), η διαδικασία πολυμερισμού που δημιουργεί την τελική μοριακή δομή του υλικού είναι εξώθερμη, και μπορεί να οδηγήσει σε αυτόματη ανάφλεξη, αν οι πλάκες από το αφρώδες υλικό αποθηκευθούν πριν ολοκληρωθεί η διαδικασία (βλ. κεφάλαιο 10).

7.7.3 Βραδεία καύση

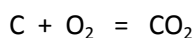
Βραδεία καύση συμβαίνει μόνο σε πορώδη υλικά που δημιουργούν ένα σταθερό ανθρακούχο υπόλειμμα όταν θερμαίνονται. Χαρτί, πριονίδι, ινοσανίδες και ελαστικό λάτεξ μπορεί να υποβληθούν σε βραδεία καύση.

Βραδεία καύση είναι η καύση των στερεών σε οξειδωτικό αέριο, όπως ο αέρας, χωρίς εμφανή φλόγα. Η διαδικασία είναι πολύ αργή, και οι υποβόσκουσες πυρκαγιές μπορεί να μην γίνουν αντιληπτές για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα και μπορεί να παράγουν μεγάλες ποσότητες καπνού. Ο καπνός είναι εύφλεκτος, αλλά θα πρέπει να συσσωρευτεί και να φτάσει στο κατώτερο όριο ευφλεκτότητας του, πριν αναφλεγεί. Αυτό έχει συμβεί σε λίγες, ευτυχώς σπάνια, περιπτώσεις.

Η βραδεία καύση μπορεί να μετατραπεί σε ανάφλεξη κάτω από ευνοϊκές συνθήκες. Παράδειγμα είναι η ανάφλεξη των τσιγάρων σε επικαλυμμένα έπιπλα. Ο μηχανισμός δεν είναι πλήρως κατανοητός, και είναι αδύνατο να προβλεφθεί πόσο καιρό μετά την έναρξη της υποβόσκουσας καύσης θα συμβεί η ανάφλεξη.

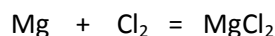
7.8 Κίνδυνοι οξειδωτικών μέσων

Σχεδόν όλες οι αντιδράσεις καύσης αποτελούν οξείδωση η οποία στην απλούστερη μορφή της είναι ένωση με οξυγόνο, όπως η καύση του άνθρακα:



Το οξυγόνο στην περίπτωση αυτή ονομάζεται οξειδωτικό μέσο. Ο όρος οξείδωση έχει επίσης ευρύτερη σημασία επειδή και άλλα στοιχεία εκτός από το οξυγόνο μπορούν να θεωρηθούν ως οξειδωτικά μέσα. Για παράδειγμα, τα

περισσότερα μέταλλα αντιδρούν με το χλώριο ή άλλα αλογόνα. Αυτή είναι επίσης μια μορφή οξείδωσης.



Στην περίπτωση αυτή το χλώριο είναι το οξειδωτικό μέσο

Υπάρχουν ορισμένες ενώσεις οι οποίες δεν καίγονται απαραίτητα μόνες τους, αλλά με αποσύνθεση απελευθερώνουν οξυγόνο το οποίο μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην αντίδραση της καύσης. Μερικές από τις ενώσεις αυτές είναι σχετικά σταθερές σε θερμοκρασία δωματίου, αλλά σε υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να είναι εξαιρετικά επικίνδυνες. Μερικά από τα πιο κοινά οξειδωτικά μέσα εξετάζονται παρακάτω.

7.8.1 Νιτρικό οξύ και ανόργανα νιτρικά άλατα

Το πυκνό νιτρικό οξύ είναι ένα πολύ ισχυρό οξειδωτικό μέσο και αντιδρά βίαια με πολλές οργανικές ενώσεις (με βάση τον άνθρακα). Ο ίδιος ο άνθρακας αντιδρά με το θερμό οξύ και έχουμε :

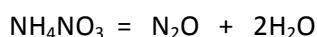


Η επίδραση του πυκνού οξέος σε οργανικές ενώσεις έχει ως αποτέλεσμα τη βίαιη χημική αντίδραση και την ανάπτυξη διοξειδίου του αζώτου (νιτρώδεις ατμοί). Το πριονίδι και οι λεπτές φλούδες ξύλου δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για την απορρόφηση του οξέος. Τα νιτρικά άλατα (άλατα του νιτρικού οξέος) είναι επίσης καλά οξειδωτικά μέσα. Αυτά χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία και στη γεωργία και βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες. Για παράδειγμα πολλές φορές χρησιμοποιούμε το νιτρικό άλας για την εμβάπτιση μετάλλων κατά την επεξεργασία τους. Επίσης χρησιμοποιούμε ορισμένα νιτρικά άλατα για λιπάσματα.

Κάτω από συνθήκες υψηλής θέρμανσης, τα νιτρικά άλατα του νατρίου και του καλίου δίνουν οξυγόνο και μεταλλικά νιτρικά άλατα :



Πολλά άλλα νιτρικά άλατα αποσυντίθενται σε μεταλλικά οξείδια με την ανάπτυξη διοξειδίου του αζώτου (ατμοί αζώτου) και οξυγόνου. Το νιτρικό αμμώνιο χρησιμοποιείται ευρέως στη γεωργία ως λίπασμα με ποικίλες επωνυμίες. Είναι ένα λευκό κρυσταλλικό σώμα που διαλύεται πολύ εύκολα στο νερό (όλα τα νιτρικά άλατα είναι διαλυτά στο νερό). Δεν καίγεται αλλά αποσυντίθεται βίαια όταν θερμαίνεται και δίνει υποοξείδιο του αζώτου :



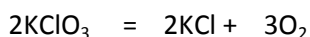
Κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να δημιουργηθούν εκρήξεις. Κατά τη θέρμανση αναδίδονται επίσης ατμοί διοξειδίου του αζώτου χρώματος καφέ (NO_2). Η αποσύνθεσή του είναι περίπλοκη. Επειδή το οξείδιο του αζώτου βοηθά την καύση κατά τον ίδιο τρόπο όπως και το οξυγόνο, η αποσύνθεση αυτή δημιουργεί παρόμοιες συνθήκες οξείδωσης με άλλα νιτρικά άλατα.

7.8.2 Υπερμαγγανικά άλατα

Οι ενώσεις νατρίου (NaMnO_4) και καλίου (KMnO_4) είναι οι πλέον κοινές. Αυτές είναι ισχυρά οξειδωτικά μέσα και αντιδρούν με οργανικά οξειδωτικά υλικά συχνά με βίαιο τρόπο. Αυτό φαίνεται στην αντίδραση της γλυκερόλης (γλυκερίνη) όπου έχουμε αυτανάφλεξη. Με πυκνό υδροχλωρικό οξύ τα υπερμαγγανικά άλατα παράγουν αέριο χλώριο το οποίο είναι πολύ τοξικό ως αποτέλεσμα της οξείδωσης.

7.8.3 Χλωρικά άλατα

Τα χλωρικά άλατα χρησιμοποιούνται συχνά όπως και οι ενώσεις του καλίου και νατρίου. Με τη θέρμανση απελευθερώνεται οξυγόνο :



Πολύ βίαιες αντιδράσεις συμβαίνουν σε επαφή με οξειδωτικά μέσα, αλλά οι βίαιες αντιδράσεις μπορεί επίσης να συμβούν απλά και μόνο με τριβή. Το υπερχλωρικό κάλιο

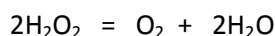
(KClO_4) μοιάζει να έχει τις ίδιες ιδιότητες, αλλά στην πραγματικότητα είναι σταθερό. Το άνυδρο υπερχλωρικό οξύ (HClO_4) είναι ισχυρό οξειδωτικό μέσο και εκρήγνυται όταν θερμανθεί. Το χλωρικό νάτριο χρησιμοποιείται ως ζιζανιοκτόνο. Χρησιμοποιείται επίσης ως εκρηκτικό στις κατασκευές.

7.8.4 Χρωμικά και διχρωμικά άλατα

Οι πλέον κοινές ενώσεις του τύπου αυτού είναι το χρωμικό κάλιο (K_2CrO_4) και το διχρωμικό κάλιο ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Τα υλικά αυτά έχουν χρώμα κίτρινο και πορτοκαλί αντίστοιχα και είναι οξειδωτικά μέσα. Είναι διαλυτά στο νερό και παράγουν πολύ εύφλεκτα μείγματα με οξειδωτικές ουσίες.

7.8.5 Ανόργανα υπεροξείδια

Τα υπεροξείδια είναι μία ομάδα ενώσεων που περιέχουν μεγαλύτερη αναλογία οξυγόνου από αυτήν των «κανονικών» οξειδίων. Το επιπλέον οξυγόνο απελευθερώνεται εύκολα καθιστώντας τις ενώσεις αυτές καλά οξειδωτικά μέσα. Τα ανόργανα υπεροξείδια παράγονται από υπεροξείδια του υδρογόνου. Το καθαρό υπεροξείδιο του υδρογόνου είναι ένα παχύρευστο υγρό με ειδικό βάρος 1,46 (στους 0°C). Είναι διαλυτό στο νερό και χρησιμοποιείται σε διάφορες αναλογίες. Σε αναλογία πάνω από 70% στο νερό είναι ισχυρό οξειδωτικό μέσο και αποσυντίθεται με εκρήξεις



Η αποσύνθεση αυτή μπορεί να συμβεί κατά τη θέρμανση, αλλά επίσης μπορεί να συμβεί και με την παρουσία ενός καταλύτη. Ίχνη μεταλλικής σκόνης ή ξυλάνθρακα ή ακόμη το δυνατό φως είναι δυνατό να δράσουν σαν καταλύτες. Τα πυκνά διαλύματα υπεροξειδίου του υδρογόνου είναι γνωστά ως «υπεροξείδια υψηλού ελέγχου».

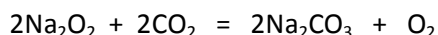
Τα κοινά υπεροξείδια των μετάλλων, που προέρχονται από τα υπεροξείδια του

υδρογόνου, είναι του νατρίου (Na_2O_2) και του βαρίου (BaO_2). Το υπεροξείδιο του νατρίου είναι ένα στερεό ανοιχτού κίτρινου χρώματος που αντιδρά βίαια με το νερό απελευθερώνοντας οξυγόνο :



Στην αντίδραση αυτή απελευθερώνεται μεγάλο ποσό θερμότητας που μπορεί να προκαλέσει πυρκαγιά σε γειτονικά εύφλεκτα υλικά, και είναι φανερό ότι η πυρκαγιά θα λάβει διαστάσεις με το οξυγόνο που παράγεται.

Το υπεροξείδιο του νατρίου μπορεί να απορροφήσει διοξείδιο του άνθρακα και ταυτόχρονα να απελευθερώσει οξυγόνο:



7.8.6 Οργανικά οξειδωτικά μέσα

Όταν το νιτρικό οξύ αντιδρά με οργανικές ενώσεις (που βασίζονται στον άνθρακα), σχηματίζονται δύο σημαντικοί τύποι ενώσεων: τα οργανικά νιτρικά άλατα ($-\text{NO}_3$) και οι νιτρώδεις ενώσεις ($-\text{NO}_2$). Αυτές οι ενώσεις είναι οι ίδιες οξειδωτικά μέσα. Συνεπώς και τα οργανικά νιτρικά άλατα και οι νιτρώδεις ενώσεις είναι και τα δύο εύφλεκτα. Ενώσεις που περιέχουν στο μόριό τους διάφορες νιτρικές ή νιτρώδεις ρίζες είναι εκρηκτικές. Τυπικό παράδειγμα είναι η τρινιτρογλυκερίνη (που χρησιμοποιείται στη δυναμίτιδα) και τρινιτροτολουόλη (TNT), ένα σημαντικό εκρηκτικό που χρησιμοποιείται από το στρατό.

Τα περισσότερα οργανικά νιτρικά άλατα και οι νιτρώδεις ενώσεις είναι τοξικά και πολλά από αυτά, συμπεριλαμβανομένης της νιτρογλυκερίνης, απορροφώνται από το δέρμα.

7.8.7 Οργανικά υπεροξείδια και υδροϋπεροξείδια

Η δομή των ενώσεων αυτών μπορεί να προέρχεται από αυτήν του υπεροξειδίου του υδρογόνου ($\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$), με την αντικατάσταση

των δύο ατόμων υδρογόνου από οργανικές ομάδες, σχηματίζοντας έτσι ένα οργανικό υπεροξείδιο. Εάν αντικαταστήσουμε μόνο ένα υδρογόνο σχηματίζεται ένα υδροϋπεροξείδιο. Τα υπεροξείδια και τα υδροϋπεροξείδια είναι ισχυρά οξειδωτικά μέσα και επειδή υπάρχει ένα μέρος του μορίου τους, που περιέχει άνθρακα και μπορεί να οξειδωθεί, είναι πολύ εύφλεκτα. Πολλά από αυτά είναι εκρηκτικά και ευαίσθητα στη θερμοκρασία και τις μηχανικές καταπονήσεις. Λόγω των ιδιοτήτων αυτών είναι διαλυμένα ή βυθισμένα στο νερό ή σε σταθερούς εστέρες. Τα υπεροξείδια χρησιμοποιούνται ευρέως ως καταλύτες, ειδικά στη βιομηχανία πλαστικών. Τα υπεροξείδια είναι τοξικά και ερεθίζουν ιδιαίτερα τα μάτια, το δέρμα και τις βλεννογόνες μεμβράνες. Πρέπει να αποφεύγεται η επαφή με το δέρμα και η εισπνοή ατμών. Από κάθε άποψη, τα οργανικά υπεροξείδια και υδροϋπεροξείδια θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με μεγάλη προσοχή.

Κεφάλαιο 8 – Απλές οργανικές ενώσεις

Ο άνθρακας σχηματίζει πολύ μεγάλο αριθμό ενώσεων, πολλές από τις οποίες βρίσκονται ενωμένες με ένα μικρό αριθμό άλλων στοιχείων, όπως είναι το υδρογόνο, το οξυγόνο, το άζωτο και τα αλογόνα. Για λόγους ευκολίας χωρίζουμε τη Χημεία σε δύο κλάδους, την Οργανική Χημεία, η οποία ασχολείται με τις χημικές ενώσεις του άνθρακα και την Ανόργανη Χημεία, η οποία ασχολείται με όλα τα υπόλοιπα στοιχεία. Ο άνθρακας σχηματίζει το μεγαλύτερο αριθμό σταθερών ενώσεων με τα άλλα στοιχεία από οποιοδήποτε άλλο στοιχείο. Υπάρχουν πάνω από ένα εκατομμύριο τέτοιες ενώσεις, γεγονός που εξηγεί γιατί χρειάζεται ξεχωριστός κλάδος χημείας για να τις μελετήσει.

Τα άτομα του άνθρακα διαφέρουν σχεδόν από οποιονδήποτε άλλο είδος ατόμου γιατί έχουν την ικανότητα να ενώνονται με άλλα άτομα άνθρακα και να σχηματίζουν αλυσίδες και δακτύλιους. Τα περισσότερα από τα άλλα άτομα ενώνονται με άτομα του ίδιου είδους ανά δύο ή ανά τρία. Σε όλες αυτές τις οργανικές ενώσεις το σθένος του άνθρακα είναι πάντοτε τέσσερα.

Οι οργανικές ενώσεις διαιρούνται σε δύο κατηγορίες :

(α) τις αλειφατικές ενώσεις, οι οποίες περιέχουν αλυσίδες ατόμων άνθρακα και

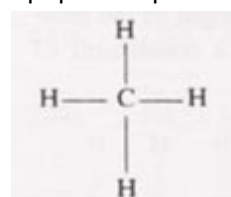
(β) τις αρωματικές ενώσεις, οι οποίες περιέχουν ειδικού τύπου δακτύλιο έξι ατόμων άνθρακα που είναι γνωστός ως βενζολικός δακτύλιος.

Οι περισσότερες οργανικές ενώσεις καίγονται. Πράγματι πολλά από τα πιο σημαντικά καύσιμα, όπως είναι το φυσικό αέριο, η βενζίνη, η κηροζίνη και το πετρέλαιο είναι οργανικές ενώσεις.

8.1 Αλειφατικές ενώσεις

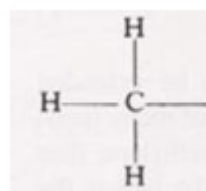
(Κορεσμένοι υδρογονάνθρακες : παραφίνες ή αλκάνια)

Οι παραφινικοί υδρογονάνθρακες είναι ενώσεις που περιέχουν μόνο άνθρακα και υδρογόνο. Η απλούστερη ένωση της σειράς αυτής είναι το μεθάνιο, το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου. Έχει το χημικό τύπο CH_4 και η δομή του μορίου παριστάνεται ως εξής :

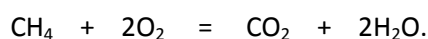


Το Μεθάνιο

Η παράσταση αυτή δηλώνει ότι το άτομο του άνθρακα χρησιμοποιεί καθένα από τα τέσσερα σθένη του για να το ενώσει με ένα άτομο υδρογόνου, το οποίο έχει σθένος ένα. Το μόριο του CH_4 μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως συνδυασμός της ομάδας :

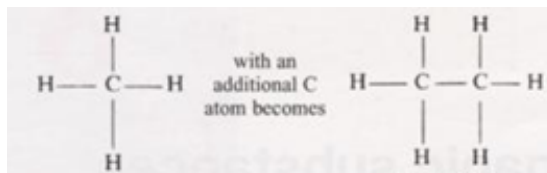


με την προσθήκη ενός ατόμου υδρογόνου. Το μεθάνιο έχει προσδιορισμένες χημικές και φυσικές ιδιότητες. Μερικές από τις φυσικές του ιδιότητες φαίνονται στον πίνακα 8.1. Το μεθάνιο είναι σχετικά αδρανές αέριο, με εξαίρεση την αντίδρασή του με το οξυγόνο. Είναι εύφλεκτο και σχηματίζει εκρηκτικά μείγματα με τον αέρα. Τα προϊόντα της καύσης, όπως συμβαίνει με άλλους υδρογονάνθρακες, είναι διοξείδιο του άνθρακα και νερό :



Μεγαλύτερα μόρια οικοδομούνται με ένωση των ατόμων του άνθρακα σε αλυσίδες. Τα άτομα του υδρογόνου ενώνονται με τα άτομα του άνθρακα σύμφωνα με τους κανόνες του

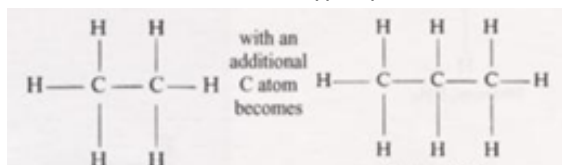
σθένους. Για παράδειγμα :



Μεθάνιο, CH_4 , εάν προσθέσουμε ένα άτομο C γίνεται Αιθάνιο, C_2H_6 .

Το αιθάνιο (C_2H_6) είναι άλλο ένα αέριο, το οποίο είναι συστατικό του φυσικού αερίου. Επειδή το μόριό του είναι μεγαλύτερο, οι φυσικές ιδιότητές του διαφέρουν από τις ιδιότητες του μεθανίου. Το σημείο βρασμού, το σημείο τήξης και η πυκνότητα των ατμών του αιθανίου είναι υψηλότερα από αυτά του μεθανίου, ενώ η θερμοκρασία αυτανάφλεξης του αιθανίου είναι χαμηλότερη από αυτήν του μεθανίου.

Εάν αυξηθεί το μήκος της αλυσίδας του μορίου παράγεται προπάνιο (C_3H_8), το οποίο είναι ένα συστατικό του υγραέριου.



Αιθάνιο C_2H_6 , εάν προσθέσουμε ένα άτομο C γίνεται Προπάνιο C_3H_8

Το προπάνιο είναι χημικά όμοιο με το αιθάνιο και το μεθάνιο, αλλά για μια ακόμα φορά οι φυσικές του ιδιότητες διαφέρουν (βλέπε παρακάτω πίνακα).

Η αλυσίδα του άνθρακα μπορεί να επεκταθεί σχεδόν απεριόριστα, μέχρι τα άτομα του άνθρακα στο μόριό του να αριθμήσουν πολλές χιλιάδες, όπως στο πολυαιθυλένιο. Με κάθε αύξηση του μήκους της αλυσίδας του άνθρακα, και κατά συνέπεια του μεγέθους του μορίου, υπάρχουν αντίστοιχες αυξήσεις των σημείων βρασμού και τήξης. Αυτό έχει ως συνέπεια να φθάσουμε βαθμιαία σε ενώσεις, οι οποίες είναι υγρά σε θερμοκρασία δωματίου (π.χ. πεντάνιο C_5H_{12}) και τελικά σε ενώσεις που είναι στερεά (π.χ. δεκαεπτάνιο $\text{C}_{17}\text{H}_{36}$). Αντιπροσωπευτικές ενώσεις της σειράς φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Ενώσεις με παραπλήσιο αριθμό ατόμων άνθρακα ως προς το C_8H_{18} βρίσκονται στη βενζίνη, ως προς το $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ στην κηροζίνη, ως προς το $\text{C}_{14}\text{H}_{30}$ βρίσκονται στο πετρέλαιο, ως προς το $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$ στη βαζελίνη και ως προς το $\text{C}_{25}\text{H}_{52}$ βρίσκονται στη στερεή παραφίνη.

Πρέπει να δοθεί προσοχή στα παρακάτω σημεία που αφορούν αυτές τις ενώσεις:

Όνομα	Σχετική Πυκνότητα (A=1)	Σημείο τήξης ($^{\circ}\text{C}$)	Σημείο Βρασμού ($^{\circ}\text{C}$)	Σημείο ανάφλεξης ($^{\circ}\text{C}$)	Όρια αναφλεξιμότητας (% στον αέρα)	Θερμοκρασία αυτανάφλεξης ($^{\circ}\text{C}$)
<u>αέρια</u>						
Μεθάνιο	0,554	-183	-161	Αέριο	5 έως 15	538
Αιθάνιο	1,04	-172	-89	Αέριο	3,3 έως 12,5	510
Προπάνιο	1,52	-187	-42	-104	2,4 έως 9,5	466
<i>Ισομερή:</i>						
n-Βουτάνιο	2,046	-138,6	-0,6	-60	1,5 έως 9	430
ισο-βουτάνιο	2,046	-160	-12	Αέριο	1,8 έως 8,4	545
<u>υγρά</u>						
n-Πεντάνιο	2,48	-130	36	< -40	1,4 έως 7,8	309
n-Εξάνιο	2,97	-95,6	69	-7	1,2 έως 7,4	260
n-Δεκαεξάνιο	7,8	18	287	> 100	-----	205
<u>στερεά</u>						
n-Δεκαεπτάνιο	8,33	22	303	148	-----	200
n-Δεκαοκτάνιο	8,81	28	308	165	-----	200

Πίνακας 8.1 Ιδιότητες Αλκανίων

(α) Οι ενώσεις αυτές σχηματίζουν μία σειρά στην οποία κάθε ένωση διαφέρει από την επόμενη της κατά τη μονάδα $-CH_2$.

(β) Όλα τα μέλη της σειράς έχουν παρόμοιες χημικές ιδιότητες.

(γ) Οι φυσικές ιδιότητες όλων των μελών της σειράς ποικίλλουν κατά ομοιόμορφο τρόπο σε όλες τις σειρές.

Όσο αυξάνει ο αριθμός ατόμων άνθρακα, αυξάνουν επίσης:

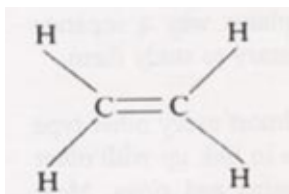
- σημείο τήξης
- πυκνότητα ατμών
- σημείο βρασμού
- σημείο ανάφλεξης

Αντίθετα, η διαλυτότητα στο νερό και η θερμοκρασία αυτανάφλεξης ελαττώνονται.

8.2 Ακόρεστοι υδρογονάνθρακες

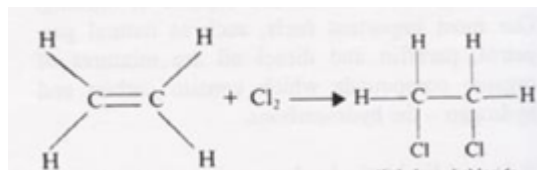
8.2.1 Ολεφίνες ή αλκένια

Υπάρχει άλλη μία σειρά ενώσεων γνωστή ως ολεφίνες. Το πρώτο μέλος της σειράς είναι το αιθυλένιο (C_2H_4), ο συντακτικός τύπος του οποίου παριστάνεται ως εξής:



όπου υπάρχει διπλός δεσμός μεταξύ των δύο ατόμων του άνθρακα. Ο άνθρακας διατηρεί ακόμα τα τέσσερα σθένη του και το υδρογόνο το ένα, αλλά κάθε άτομο του άνθρακα χρησιμοποιεί δύο από τα σθένη των δεσμών του για να συνδεθεί με το άλλο άτομο του άνθρακα. Ενώσεις που περιέχουν διπλούς ή τριπλούς δεσμούς ονομάζονται «ακόρεστες».

Οι ακόρεστες ενώσεις είναι αισθητά πιο δραστικές από τις παραφίνες. Αυτές καίγονται και αντιδρούν εύκολα με το χλώριο, το υδροχλώριο, το βρώμιο, κ.λπ. Για παράδειγμα:



Αιθυλένιο+Χλώριο=Διχλωρίδιο του αιθυλενίου
ή διχλωροαιθάνιο

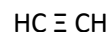
Η δραστικότητα του αιθυλενίου το καθιστά σημαντική πρώτη ύλη στην παραγωγή των πλαστικών και άλλων υλικών.

Άλλες ολεφίνες μπορεί να παραχθούν με την προσοδευτική αύξηση του μήκους της αλυσίδας του άνθρακα. Όπως συμβαίνει και με τις παραφίνες, οι φυσικές τους ιδιότητες αλλάζουν ομοιόμορφα καθώς αυξάνεται το μέγεθος του μορίου (βλέπε πίνακα 8.2)

Οι Ολεφίνες είναι υγρά από C_5H_{10} ως $C_{16}H_{32}$ και τα ανώτερα μέλη στη συνέχεια στερεά.

8.2.2 Ακετυλενίδια ή αλκίνια

Υπάρχουν επίσης ενώσεις γνωστές ως ακετυλενίδια, στις οποίες συναντάται τριπλός δεσμός άνθρακα. Το πιο σημαντικό μέλος είναι το αέριο ακετυλένιο (C_2H_2). Είναι μια ακόρεστη ένωση και ο μόνος τρόπος απεικόνισης των δεσμών μεταξύ άνθρακα και υδρογόνου είναι :



Ακετυλένιο

Στην περίπτωση αυτή, κάθε άτομο άνθρακα χρησιμοποιεί τρία σθένη για να ενωθεί το

Όνομα	Σχετική Πυκνότητα (A=1)	Σημείο τήξης (°C)	Σημείο Βρασμού (°C)	Σημείο ανάφλεξης (°C)	Όρια αναφλεξιμότητας (% στον αέρα)	Θερμοκρασία αυτανάφλεξης (°C)
Αιθένιο	0,98	-169	-103,9	Αέριο	2,7 έως 28,6	450
Προπένιο	1,5	-185	-48	Αέριο	2 έως 11	495
Ισομερή: Βουτυλένια	1,93	περίπου -185	περίπου -6,3	< - 80	1,7 έως 10	384

Πίνακας 8.2 Ιδιότητες αλκένιων

καθένα με το άλλο άτομο του άνθρακα. Επειδή η ένωση δεν είναι κορεσμένη, έχει ως αποτέλεσμα τη μεγάλη δραστηριότητα του ακετυλενίου, το οποίο μπορεί να εκραγεί όταν εκτεθεί σε θερμότητα ή μηχανική καταπόνηση, ακόμα και σε απουσία αέρα ή οξυγόνου. Το ακετυλένιο είναι εύφλεκτο και σχηματίζει μείγματα στον αέρα με ευρύ φάσμα εκρηκτικότητας (2,5 έως 80% κ.ο.). Μερικές από τις φυσικές του ιδιότητες φαίνονται στον πίνακα 8.3.

Το ακετυλένιο χρησιμοποιείται στην παρασκευή πλαστικών (π.χ. p.v.c.), άλλων χημικών ενώσεων και στην οξυακετυλενική συγκόλληση. Αποθηκεύεται διαλυμένο στην ακετόνη και στη συνέχεια απορροφάται από αδρανείς πορώδεις υλικό που περιέχεται στα δοχεία.

Τα ακετυλενίδια είναι υγρά σώματα από το C_4H_6 έως το $C_{17}H_{32}$. Τα ανώτερα μέλη της σειράς από το $C_{18}H_{34}$ είναι στερεά.

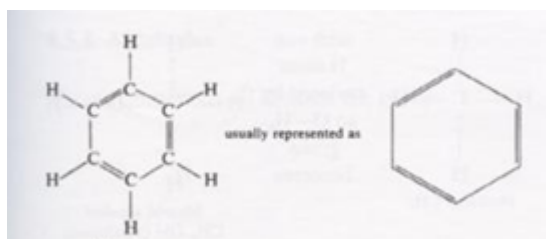
Όνομα <u>αέρια</u>	Σχετική Πυκνότητα (A=1)	Σημείο τήξης (°C)	Σημείο Βρασμού (°C)	Σημείο ανάφλεξης (°C)	Όρια αναφλεξιμότητας (% στον αέρα)	Θερμοκρασία αυτανάφλεξης (°C)
Ακετυλένιο Μεθυλακετυ- λένιο	0,91	-81	-84	-17,7	2,5 έως 80	335
(Αλλυλένιο)	1,3 8	-102,7	-2,3	Αέριο	1,7 έως --	---

Πίνακας 8.3 Ιδιότητες αλκινίων

8.3 Αρωματικοί υδρογονάνθρακες

Άλλη μια σειρά υδρογονανθράκων είναι αυτή των αρωματικών ενώσεων. Οι ενώσεις αυτές βασίζονται στη δομή του βενζολικού δακτυλίου. Η δομή του αποτελείται από έξι άτομα άνθρακα τοποθετημένα σε μορφή δακτυλίου, με εναλλασσόμενους απλούς και διπλούς δεσμούς :

συνήθως παριστάνεται ως



βενζόλιο

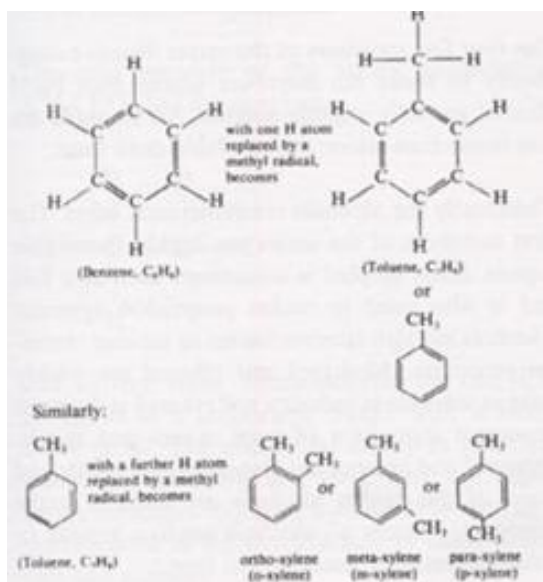
Οι διπλοί δεσμοί ενώνονται κατά έναν ιδιαίτερο τρόπο με αποτέλεσμα το βενζόλιο να μη συμπεριφέρεται όπως οι ολεφίνες. Στην πραγματικότητα ο δακτύλιος του βενζολίου είναι αρκετά σταθερός και έτσι οι αρωματικές ενώσεις, αν και είναι πιο δραστικές από τις παραφίνες, είναι λιγότερο δραστικές από τις ολεφίνες.

Το βενζόλιο είναι εύφλεκτη ένωση, αλλά, επειδή υπάρχει υψηλή αναλογία άνθρακα στο μόριο, δεν υπάρχει συνήθως αρκετό οξυγόνο για να οξειδώσει όλο τον άνθρακα σε μονοξείδιο του άνθρακα και διοξείδιο του άνθρακα. Συνεπώς, μεγάλη ποσότητα άνθρακα απελευθερώνεται ως πυκνός μαύρος καπνός. Οι αρωματικές ενώσεις συνήθως καίγονται με φλόγα και πυκνούς καπνούς

Άλλες αρωματικές ενώσεις σχηματίζονται με αντικατάσταση των ατόμων του υδρογόνου με άλλα άτομα ή ομάδες ατόμων, όπως είναι η ρίζα του μεθυλίου. Για παράδειγμα εάν αντικαταστήσουμε ένα άτομο υδρογόνου με μια ρίζα μεθυλίου βενζόλιο C_6H_6 , Τολουόλιο C_6H_8 .

Επίσης εάν αντικαταστήσουμε ένα άτομο υδρογόνου με μία ρίζα μεθυλίου έχουμε: Τολουόλιο C_7H_8

Οι φυσικές ιδιότητες των μελών της σειράς ποικίλλουν κατά ομοιόμορφο τρόπο καθώς το μοριακό βάρος αυξάνει, αλλά οι χημικές ιδιότητες παραμένουν οι ίδιες. Μερικές αρωματικές ενώσεις, ειδικά το τολουόλιο και τα ξυλόλια, είναι σημαντικοί διαλύτες.



Αξίζει να σημειωθεί ότι οι υδρογονάνθρακες δεν διαλύονται σε οποιαδήποτε ποσότητα νερού και συνήθως επιπλέουν στο νερό. Μερικές αρωματικές ενώσεις είναι τοξικές. Το βενζόλιο, για παράδειγμα, είναι πολύ τοξικό, είτε ως ατμός είτε απορροφηθεί από το δέρμα.

8.4 Υγραέρια (L.P.G.)

Το προπάνιο (C_3H_8) και το βουτάνιο (C_4H_{10}) είναι αέρια σε θερμοκρασία και πίεση δωματίου, αλλά με την εφαρμογή πίεσης μπορούν να υγροποιηθούν. Μικρή ποσότητα υγρού θα παράγει μεγάλο όγκο αερίου και έτσι, υγροποιώντας το αέριο, μεγάλη ποσότητα αυτού μπορεί να αποθηκευτεί σε μικρό δοχείο. Επειδή και τα δύο υγρά είναι πολύ εύφλεκτα και χρησιμοποιούνται ευρέως ως καύσιμα, οι εγκαταστάσεις που περιέχουν υγραέρια είναι πολύ διαδεδομένες και αναμένεται να αυξηθούν περισσότερο.

Η πιο σημαντική ιδιότητα των υγραερίων είναι η κρίσιμη θερμοκρασία, δηλαδή η θερμοκρασία πάνω από την οποία είναι αδύνατο να υγροποιηθεί το αέριο, οποιαδήποτε πίεση κι αν ασκηθεί. Για το προπάνιο η κρίσιμη θερμοκρασία είναι $96,7^\circ\text{C}$ και για το βουτάνιο 152°C . Όταν τα υγραέρια τοποθετηθούν στον κατάλληλο τύπο δοχείου, από άποψη αντοχής, αποκαθίσταται ισορροπία μεταξύ υγρής και αέριας φάσης. Όταν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

υπάρξει κάποια μικρή διαρροή από το δοχείο, τα υγραέρια θα βράζουν και θα παράγουν ατμούς, επειδή υπάρχει στιγμιαία πτώση της πίεσης των ατμών των υγραερίων, με συνέπεια την εξάτμιση επιπλέον ποσότητας υγρού για την αποκατάσταση της πίεσης στην αρχική της τιμή. Με την αποκατάσταση της πίεσης θα διακοπεί ο βρασμός του υγραερίου επειδή όσο αυξάνει η πίεση πάνω σε ένα υγρό, το ίδιο αυξάνει και το σημείο βρασμού του. Έτσι στο εσωτερικό κάθε δοχείου υγραερίου, υπάρχει υγρό και πάνω από αυτό αέριο υπό πίεση.

Όπως αναφέρθηκε, το προπάνιο και το βουτάνιο είναι πολύ εύφλεκτα. Αν διαρρεύσει υγρό προπάνιο, αμέσως θα βράσει και θα σχηματίσει μια μεγάλη ποσότητα εύφλεκτου ατμού: ένα λίτρο υγρού προπανίου θα παράγει 270 λίτρα αερίου.

Οι ατμοί που σχηματίζουν το προπάνιο και το βουτάνιο είναι βαρύτερα από τον αέρα και επικάθονται στο έδαφος. Είναι άοσμα και άχρωμα και γι' αυτό πολύ συχνά προστίθεται μία οσμητική ουσία (μερκαπτάνη).

Όταν το προπάνιο και το βουτάνιο εξατμίζονται λαμβάνουν θερμότητα από το περιβάλλον τους.

Το προπάνιο έχει σημείο βρασμού -42°C σε ατμοσφαιρική πίεση, συνεπώς σε κανονικές θερμοκρασίες και πιέσεις, το υγρό βράζει εύκολα. Αυτό ισχύει για την συντριπτική πλειοψηφία των πρακτικών εφαρμογών. Ωστόσο, το βουτάνιο έχει σημείο βρασμού γύρω στο -1°C , έτσι ώστε σε χειμερινές συνθήκες, η τάση ατμών μπορεί να είναι πολύ χαμηλή για να παρέχει ροή των ατμών καυσίμου. Για το λόγο αυτό, το "υγραέριο" αποτελείται συνήθως από ένα μείγμα προπανίου και βουτανίου.

8.5 Ενώσεις που προέρχονται από υδρογονάνθρακες και περιέχουν οξυγόνο

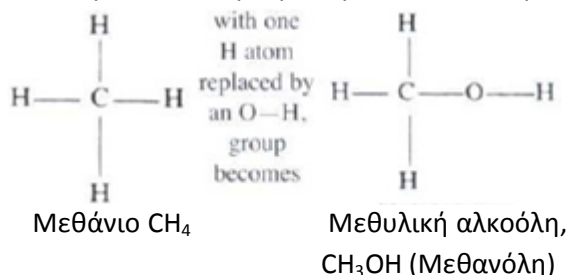
Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι των οργανικών ενώσεων που περιέχουν οξυγόνο εκτός από άνθρακα και υδρογόνο. Μερικές

αντιδρούν σχετικά εύκολα (π.χ. αλδεΐδες), ενώ άλλες είναι σχετικά αδρανείς και χρησιμοποιούνται ως διαλύτες (π.χ. κετόνες). Οι πιο σημαντικές κατηγορίες αναφέρονται εν συντομία.

8.5.1 Αλκοόλες

Η δομή των αλκοολών προέρχεται από τους παραφινικούς υδρογονάνθρακες, αν αντικατασταθεί ένα από τα άτομα υδρογόνου από μία ομάδα υδροξυλίου O-H. Αν αντικαταστήσουμε:

ένα άτομο H με μία ομάδα O-H έχουμε:



Η σειρά των αλκοολών σχηματίζεται με την προσθήκη της ομάδας CH₂- στη μεθανόλη:

- αιθυλική αλκοόλη ή αιθανόλη (C₂H₅OH),
- n-προπυλική αλκοόλη ή n-προπανόλη (C₃H₇OH), και
- n-βουτυλική αλκοόλη ή n-βουτανόλη (C₄H₉OH).

Καθώς μοριακό βάρος αυξάνεται, υπάρχει γενικά μια αύξηση στο:

- σημείο τήξης
- σημείο βρασμού, και
- σημείο ανάφλεξης.

Αυτό συνοδεύεται από μια μείωση στη:

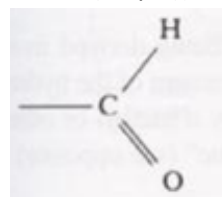
- διαλυτότητα στο νερό, και
- θερμοκρασία αυτανάφλεξης

Τα πρώτα μέλη της σειράς διαλύονται πλήρως στο νερό, αλλά τα ανώτερα από τα μέλη μετά τη βουτανόλη είναι μόνο ελαφρώς διαλυτά. Όλες οι αλκοόλες έχουν μικρότερη πυκνότητα από το νερό και συνεπώς οι αδιάλυτες από αυτές επιπλέουν επιπλέουν. Χημικά οι αλκοόλες μοιάζουν μεταξύ τους. Τα πρώτα μέλη της σειράς είναι πολύ εύφλεκτα υγρά. Η αιθυλική

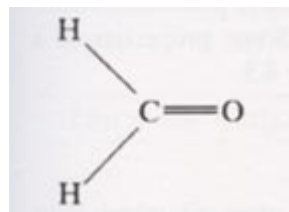
αλκοόλη χρησιμοποιείται ως καύσιμο και χρησιμοποιείται επίσης σε πυραυλικά συστήματα πρόωσης. Οι Αλκοόλες αποτελούν επίσης ενδιάμεσα σε διάφορες χημικές διεργασίες. Η μεθανόλη και η αιθανόλη χρησιμοποιούνται ευρέως ως διαλύτες στη βιομηχανία και η αιθανόλη είναι το πιο σημαντικό συστατικό σε κρασιά μπίρα και οίνοπνευματώδη. Η προπανόλη και η βουτανόλη χρησιμοποιούνται επίσης ως διαλύτες και μερικές από τις ανώτερες αλκοόλες χρησιμοποιούνται στην παρασκευή απορρυπαντικών. Σχεδόν όλες οι αλκοόλες είναι σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό τοξικές.

8.5.2 Αλδεΐδες

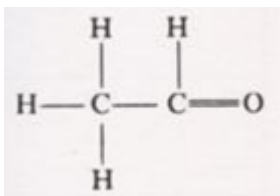
Όλες αυτές οι ενώσεις περιέχουν την ομάδα :



που συνδέεται με οργανικές ομάδες, όπως μεθύλιο (CH₃-), αιθύλιο (C₂H₅-) κ.ο.κ. Το απλούστερο μέλος της ομάδας είναι η φορμαλδεΐδη:



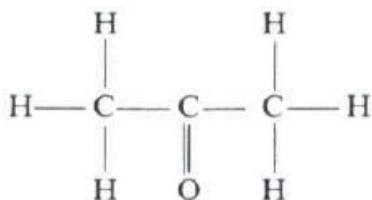
με χημικό τύπο CH₂O. Η φορμαλδεΐδη είναι άχρωμο και εύφλεκτο αέριο με καυστική και αποπνικτική οσμή. Συχνά δεν συναντάται ως αέριο, αλλά ως διάλυμα με αναλογία 40% στο νερό, το οποίο περιέχει επίσης μικρή ποσότητα μεθυλικής αλκοόλης. Το διάλυμα αυτό συνήθως καλείται φορμόλη και αναδίδει εύφλεκτους ατμούς, εάν θερμανθεί πάνω από το σημείο ανάφλεξής του, το οποίο ποικίλλει ανάλογα με τη συγκέντρωση της φορμαλδεΐδης και της μεθυλικής αλκοόλης. Οι ατμοί αυτοί είναι τοξικοί. Η φορμαλδεΐδη χρησιμοποιείται στην κατασκευή διαφόρων πλαστικών, ως αντισηπτικό και ως συντηρητικό των ανατομικών μελών και οργάνων.



Είναι ένα άχρωμο υγρό με δυνατή φρουτώδη οσμή. Η ένωση διαλύεται εύκολα στο νερό, είναι εύφλεκτη και τοξική και οι ατμοί σχηματίζουν εκρηκτικά μείγματα με τον αέρα. Χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παρασκευή άλλων χημικών ενώσεων και πλαστικών. Οι άλλες αλδεΐδες είναι λιγότερο σημαντικές. Οι φυσικές ιδιότητες των ενώσεων αυτών ποικίλλουν κατά το συνήθη τρόπο καθώς αυξάνεται το μοριακό τους βάρος.

8.5.3 Κετόνες

Η απλούστερη κετόνη είναι η ακετόνη (C_2H_6O) με δομή :

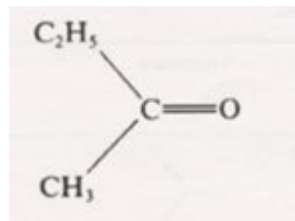


Οι χημικοί τύποι των άλλων μελών της σειράς μπορούν να ληφθούν επιμηκύνοντας τις αλυσίδες του άνθρακα κατά το συνήθη τρόπο. Η ακετόνη σήμερα είναι το σημαντικότερο μέλος της σειράς από εμπορικής πλευράς. Είναι άχρωμο, πολύ εύφλεκτο υγρό με γεύση μέντας και διαλύεται εύκολα στο νερό. Είναι τοξική με την έννοια ότι υψηλές συγκεντρώσεις έχουν αναισθητική επίδραση. Το υγρό διαλύει το λίπος της επιδερμίδας με αποτέλεσμα να προκαλούνται δερματίτιδα και άλλοι ερεθισμοί στο δέρμα. Η ακετόνη είναι πολύ σημαντικός βιομηχανικός διαλύτης για υλικά όπως είναι τα διαλυτικά χρωμάτων, η οξική κυτταρίνη, τα λίπη, το κερί και το ακετυλένιο.

Το επόμενο μέλος της σειράς είναι η μεθυλοαιθυλο-κετόνη.

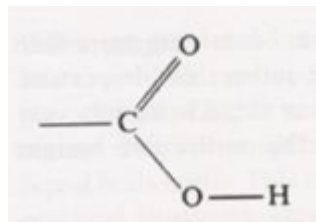
Η ένωση αυτή είναι ένας ακόμη σημαντικός βιομηχανικός διαλύτης και χημικά μοιάζει με την ακετόνη στις περισσότερες ιδιότητες. Οι

κετόνες δεν οξειδώνονται εύκολα με την προσβολή των οξειδωτικών μέσων, αλλά είναι εύφλεκτες.

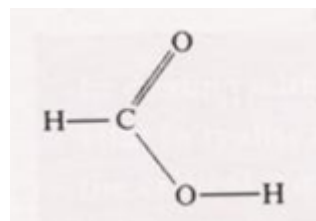


8.5.4 Καρβοξυλικά οξέα

Τα καρβοξυλικά οξέα είναι επίσης γνωστά και ως «λιπαρά οξέα» επειδή σχετίζονται με τους αλειφατικούς υδρογονάνθρακες που έχουν παρόμοια δομή αλυσίδας. Όλα αυτά περιέχουν την ομάδα



η οποία ενώνεται σε διάφορες οργανικές ομάδες όπως είναι το μεθύλιο ($-CH_3$) και το αιθύλιο ($-C_2H_5$). Το πρώτο μέρος της σειράς των καρβοξυλικών οξέων είναι το μυρμηκικό οξύ.



Η παραπάνω ένωση πιο συχνά γράφεται $HCOOH$.

Το μυρμηκικό οξύ είναι ένα άχρωμο υγρό με καυστική οσμή. Είναι τοξικό και μπορεί να προκαλέσει εγκαύματα στο δέρμα. Χρησιμοποιείται στην υφαντουργία, στην ηλεκτρολυτική επιμετάλλωση και στις βιομηχανίες δέρματος και ελαστικών.

Το οξικό οξύ (CH_3COOH), το οποίο βρίσκεται ως αραιό διάλυμα στο ξύδι, είναι το επόμενο μέλος στη σειρά. Είναι εύφλεκτο, διαλύεται εύκολα στο νερό και προκαλεί έγκαυμα στο δέρμα όταν είναι πυκνό. Ο ατμός του και το

Όνομα	Σχετική Πυκνότητα (A=1)	Σημείο τήξης (°C)	Σημείο βρασμού (°C)	Σημείο ανάφλεξης (°C)	Όρια αναφλεξιμότητας (% στον αέρα)	Θερμοκρασία αυτανάφλεξης (°C)
Μυρμηκικό οξύ	1,59	8	101	69	---	600
Οξικό οξύ	2,07	16,6	118	45	<4	566
Προπιονικό οξύ	2,56	-22	141	54	---	---
Βουτυρικό οξύ	3,04	-7,9	163,5	72	2 έως 10	452

Πίνακας 8.4 Ιδιότητες καρβοξυλικών οξέων

Όνομα	Σχετική Πυκνότητα (A=1)	Σημείο τήξης (°C)	Σημείο βρασμού (°C)	Σημείο ανάφλεξης (°C)	Όρια αναφλεξιμότητας (% στον αέρα)	Θερμοκρασία αυτανάφλεξης (°C)
Μυρμηκικός αιθυλεστέρας	2,55	-79	-54	-20	2,8 έως 16,5	455
Οξικός αιθυλεστέρας	3,04	-84	77	-4	2 έως 11,5	< 427
Βουτυλικός αιθυλεστέρας	4	-93	121	25	---	463
Οξικός πεντυλεστέρας	4,5	-78,5	148	25	1,1 έως ---	399

Πίνακας 8.5 Ιδιότητες εστέρων

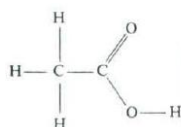
πυκνό οξύ είναι τοξικά. Χρησιμοποιείται ως διαλύτης στη χημική βιομηχανία.

Οι ιδιότητες μερικών οξέων φαίνονται στον πίνακα 8.4. Είναι όλα ασθενή οξέα.

8.5.5 Εστέρες

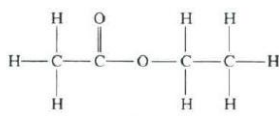
Η σειρά των εστέρων μπορεί να θεωρηθεί ότι προκύπτει από τα καρβοξυλικά οξέα με την αντικατάσταση του ατόμου του υδρογόνου της ομάδας από το μεθύλιο ή άλλη ρίζα. Για παράδειγμα :

Εάν αντικαταστήσουμε το *H



Οξικό οξύ
CH₃COOH

με τη ρίζα του αιθυλίου C₂H₅



Οξικός αιθυλεστέρας
CH₃COOC₂H₅

Οι εστέρες είναι εύφλεκτα, άχρωμα υγρά ή στερεά και συνήθως μερικώς διαλυτά στο νερό, στο οποίο επιπλέουν. Έχουν φρουτώδη

οσμή και συχνά βρίσκονται σε φρούτα και αρώματα. Τα ανώτερα στερεά μέλη της σειράς βρίσκονται στο κερί της μέλισσας και στο σπερματόετο. Οι εστέρες χρησιμοποιούνται ως διαλύτες στη φαρμακοβιομηχανία, τα αρώματα και τα τρόφιμα. Μερικές ιδιότητες των εστέρων φαίνονται στον πίνακα 8.5.

8.5.6 Αιθέρες

Όλες αυτές οι ενώσεις περιέχουν την ομάδα -C-O-C- η οποία ενώνεται με ομάδες, όπως το μεθύλιο, το αιθύλιο και διάφορες άλλες οργανικές ομάδες. Η μόνη εμπορικά σημαντική ένωση είναι ο διαιθυλαιθέρας (C₂H₅-O-C₂H₅). Η ουσία αυτή αναφέρεται απλά ως αιθέρας. Είναι άχρωμο, πολύ εύφλεκτο και πτητικό υγρό με χαρακτηριστική οσμή. Έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό και είναι αδιάλυτο σ' αυτό. Είναι τοξικός σε υψηλές συγκεντρώσεις και σε χαμηλότερες έχει αναισθητική δράση.

Ο διαιθυλαιθέρας έχει σημείο βρασμού 34,5°C, σημείο ανάφλεξης -42°C, τα όρια

αναφλεξιμότητάς του είναι από 1,85 έως 36,5% (στον αέρα) και έχει θερμοκρασία αυτανάφλεξης 180 °C. Συχνά περιέχει ουσίες γνωστές ως υπεροξείδια του αιθέρα και εάν εξατμιστεί μέχρι ξηρού, τα υπεροξείδια αυτά μπορούν να προκαλέσουν έκρηξη.

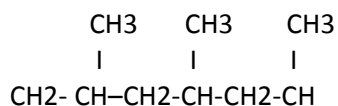
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 - Πολυμερή

9.1 Πολυμερή

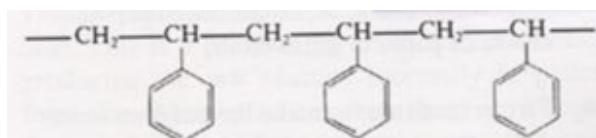
Πολλές οργανικές ύλες, όπως το ξύλο, τα πλαστικά και τα λάστιχα, είναι πολυμερή. Αυτό σημαίνει ότι τα μόρια τους αποτελούνται από πολύ μακριές αλυσίδες ατόμων άνθρακα. Μπορεί να αποτελούνται από πολλές χιλιάδες άτομα.

Για πολλά χρόνια, οι χημικοί ήταν σε θέση να δημιουργήσουν ή να συνθέσουν πολυμερές μόρια στο εργαστήριο. Πολλά από αυτά απέκτησαν εμπορική χρήση, όπως τα πλαστικά και τα συνθετικά ελαστικά. Οι χημικοί κατάφεραν αυτό παίρνοντας μικρά μόρια με δυο ή περισσότερες δραστικές μονάδες και τα διέταξαν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να ενωθεί το ένα άκρο με το άλλο για να μετασχηματιστούν αλυσίδες μεγάλους μήκους. Για παράδειγμα στο αιθυλένιο $\text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2$, ο διπλός δεσμός μπορεί να σπάσει για να δώσει $-\text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 -$ το οποίο συνδυάζεται πολύ εύκολα με άλλα μόρια του ίδιου τύπου για την παραγωγή πολυαιθυλενίου: $-\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 -$ το οποίο αποτελείται από μια μεγάλη αλυσίδα των ομάδων $-\text{CH}_2-$ συνδεόμενες μεταξύ τους. Σε αυτή την περίπτωση καλούμε το αιθυλένιο μονομερές, ενώ το πολυαιθυλένιο που προκύπτει πολυμερές.

Η απλή ευθεία αλυσίδα πολυμερών αυτού του τύπου είναι αρκετά γνωστή. Πολλά από τα πολυμερή έχουν ομάδες με μικρές πλευρές που ενώνονται στην αλυσίδα όπως το πολυπροπυλένιο:



ή πολυστυρένιο:

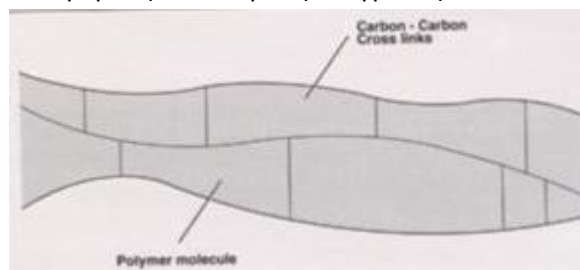


Εδώ το εξάγωνο παριστάνει το δακτύλιο του βενζολίου:



Πολυμερή όπως το πολυαιθυλένιο, το πολυπροπυλένιο και το πολυστυρένιο, μαλακώνουν και τελικά να λιώνουν σε θερμοκρασίες άνω των $100-150^\circ\text{C}$. Τέτοια υλικά ονομάζονται **θερμοπλαστικά**.

Υπάρχουν και τα **θερμοσκληρυνόμενα** πλαστικά. Η θέρμανσή τους δεν θα τήξει το υλικό, αλλά θα το αναγκάσει να απανθρακωθεί και τελικά να αποσυντεθεί. Έχουν την ιδιότητα αυτή επειδή το μόριό τους επειδή είναι όμοιο με ένα τεράστιο τρισδιάστατο δίκτυο ή με άλλα λόγια αλυσίδες μεγάλου μήκους ενώνονται σε πολυμερές πλέγματος, όπως απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Οι γραμμές παριστάνουν τα μόρια του πολυμερούς και δεσμούς πλέγματος.



Είναι ολοφάνερο ότι η τεχνολογική διαδικασία τέτοιων υλικών δεν μπορεί να βασίζεται παρά μόνο στην τήξη αυτών για να σχηματιστεί ρευστό, το οποίο μετά είναι δυνατό να επεξεργαστεί. Στην πράξη παράγεται ένα πολυμερές με μικρότερο μήκος αλυσίδας, το οποίο μπορεί να υποστεί τη διαδικασία της μόρφωσης ή της χύτευσης με διάφορα μέσα με αποτέλεσμα τα μόρια αυτού του πολυμερούς να έχουν δραστικές χημικές ομάδες επάνω τους. Κάτω από την επίδραση θερμότητας ή καταλυτών ή και τα δυο μαζί, οι ενεργές ρίζες αντιδρούν μεταξύ τους και δημιουργούν δεσμούς πλέγματος. Έτσι παράγονται τα τελικά

θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά. Τα πλαστικά και ελαστικά δεν συναντώνται πάντοτε σε καθαρή κατάσταση, επειδή συχνά αναμειγνύονται με άλλα υλικά για να βελτιώσουν τις ιδιότητες τους και να γίνουν φθηνότερα. Τέτοια υλικά είναι:

- Πληρωτικά, όπως η πορσελάνη, το πριονίδι και ο κοκκώδης άνθρακας. σε πλαστικά με μορφή φύλλου τα πληρωτικά υλικά μπορεί να είναι φύλλα χαρτιού ή ίνες γυαλιού.
- Πλαστικοποιητές, αναμειγνύονται με ορισμένα θερμοπλαστικά για να γίνουν πιο εύκαμπτα (π.χ. μόνωση PVC),
- Σταθεροποιητές, προστίθενται για να εμποδίσουν να οξειδωθεί το πολυμερές από προσβολή της ηλιακής ακτινοβολίας ή να αποσυντεθεί με ήπια θέρμανση.

9.2 Κίνδυνοι πυρκαγιάς

Όπως κάθε εύφλεκτο υλικό, τα πλαστικά και τα ελαστικά, σε κατάσταση πυρκαγιάς, μπορούν:

- να εκλύουν τοξικά και διαβρωτικά αέρια,
- να εκπέμπουν μεγάλες ποσότητες καπνού, συχνά σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα.

Ωστόσο, πολλά συνθετικά πολυμερή που παράγουν πολύ περισσότερο καπνό από τα "παραδοσιακά υλικά" όπως το ξύλο, και ο ρυθμός ανάπτυξης της πυρκαγιάς μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερος, ιδιαίτερα αν το υλικό λιώνει και στάζει, όπως ένα αναμμένο υγρό.

9.2.1 Τοξικά και διαβρωτικά αέρια

Αν τα πλαστικά περιέχουν μόνο τα στοιχεία του άνθρακα και υδρογόνο, ή άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο, τα κύρια τοξικά αέρια πρέπει να αναμένεται είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το οποίο σχηματίζεται όταν όλα τα οργανικά υλικά καίγονται με σχετική έλλειψη οξυγόνου. Το ποσό του CO που παράγεται αυξάνεται, εάν υπάρχει σχετική έλλειψη οξυγόνου. Αυτό το αέριο είναι γνωστός κίνδυνος για τους πυροσβέστες. Είναι άοσμο, άχρωμο και παράγεται σε μεγάλες ποσότητες σε πυρκαγιές κτιρίων. Είναι υπεύθυνο για την πλειονότητα των θανάτων σε πυρκαγιές. Μπορεί επίσης να προκαλέσει τον θάνατο σε ανθρώπους που

μένουν σε μη αεριζόμενα δωμάτια με ελαττωματικές θερμάστρες αερίου.

Πολλά άλλα τοξικά προϊόντα παράγονται από πλαστική ύλη, που περιέχουν μόνο άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο. Μια ολόκληρη σειρά από τοξικά και διαβρωτικά είδη παράγονται υπό συνθήκες ανεπαρκούς εξαερισμού. Η φύση τους εξαρτάται από τη δομή του πολυμερούς, και μπορεί να περιλαμβάνουν αλδεΐδες και πολλά άλλα μερικώς οξειδωμένα προϊόντα.

Πολλά πλαστικά περιέχουν άζωτο, εκτός από άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο. Πλαστικά που περιλαμβάνονται σε αυτήν την κατηγορία: η νιτρική κυτταρίνη, το νάιλον, οι αφροί πολυουρεθάνης, τα πλαστικά φορμαλδεΐδης μελαμίνης, τα πλαστικά ουρίας φορμαλδεΐδης, το ABS (ακρυλονιτρίλιο - βουταδιένιο - στυρόλιο), μερικές εποξειδικές ρητίνες και ελαστικά νιτρίλιου. (Σημειώστε ότι ορισμένα "φυσικά πολυμερή", όπως το μαλλί και μετάξι, επίσης, περιέχουν άζωτο). Τα προϊόντα καύσης από αυτά θα περιέχουν τα είδη του αζώτου με μορφή υδροκυανίου, οργανικών νιτρίλιων τα οποία είναι όλα τοξικά.

Η κατηγορία του υλικού που είναι γνωστή ως αφροί πολυουρεθάνης (PUF) που περιλαμβάνονται στο 'πρότυπο PUF' πρωτοεμφανίστηκαν τη δεκαετία του 1970 καθώς και τα νεότερα καύση τροποποιημένων αφρών άρχισαν να εμφανίζονται την δεκαετία του 1980. Έχουν μελετηθεί αυτοί οι αφροί εκτενώς και είναι γνωστό ότι παράγουν σημαντικές ποσότητες CO και HCN στα αέρια πυρκαγιών. Άλλα ιδιαίτερα τοξικά υλικά που περιέχουν προϊόντα αζώτου μπορούν να παραχθούν, ανάλογα με το είδος των αφρών πολυουρεθάνης και τις συνθήκες της καύσης.

Το χλώριο βρίσκεται στο πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC) και ορισμένα συμπολυμερή, στο νεοπρένιο και σε ορισμένους τύπους αφεσβηνόμενων ινών γυαλιού πολυεστερικής ρητίνης. Στην περίπτωση του PVC σχεδόν όλο το χλώριο του μορίου εμφανίζεται ως έριο υδροχλώριο στα αέρια της

πυρκαγιάς. Αυτό είναι και τοξικό και διαβρωτικό. Έχει πολύ έντονη διαπεραστική οσμή και με το νερό σχηματίζει διαλύματα υδροχλωρικού οξέος τα οποία είναι επίσης διαβρωτικά. Εκτός από την διάβρωση πολλών μετάλλων, το οξύ μπορεί να προκαλέσει μακροπρόθεσμες αλλαγές σε αλκαλικές ασβεστούχες ενώσεις. Το σπλισμένο σκυρόδεμα προσβάλλεται ακόμα λιγότερο.

Τα πολυμερή που περιέχουν φθόριο είναι τα πολυτετραφθοροαιθυλένια (P.T.F.E.) κι ορισμένα υλικά όπως το kel-f και μια σειρά συνθετικών ελαστικών, τα οποία είναι γνωστά ως “ vitons “.

Εάν τα τοξικά υλικά αυτά θερμανθούν παράγονται τοξικά φθοριούχα αέρια. Εάν αυτά τα εισπνεύσουμε διαμέσου αναμμένου τσιγάρου γίνονται περισσότερο επικίνδυνα. Τα τοξικά προϊόντα από την αποσύνθεση των υλικών δεν πρέπει να εισπνέονται

9.2.2 Καπνός

Σε όλα τα υλικά στα οποία υπάρχει αξιόλογο ποσό αρωματικών δομών (δακτύλιος βενζολίου) είναι δυνατό να προκληθούν πυρκαγιές με μεγάλες ποσότητες καπνού. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται η πολυουρεθάνη, οι ρητίνες φαινόλης- φορμαλδεΰδης, το πολυστυρένιο, οι πολυεστερικές ίνες γυαλιού, οι εποξειδικές ρητίνες και τα πολυανθρακικά πολυμερή (polycarbonates). Από τις πολυουρεθάνες αναπτύσσονται μεγάλες ποσότητες καπνού σε μικρό διάστημα γεγονός το οποίο οφείλεται στη γρήγορη εξάπλωση της φλόγας. Το PVC αν και δεν είναι αρωματική ένωση, μπορεί να παράγει αξιόλογες ποσότητες καπνού κατά την πυρκαγιά.

9.2.3 Προϊόντα από την καύση της πίσσας ή σταγονιδίων

Τα περισσότερα θερμοπλαστικά τήκονται με θέρμανση και συνεπώς σε μια πυρκαγιά σχηματίζονται καιόμενα σταγονίδια που μπορούν να προκαλέσουν παραπέρα εξάπλωση της πυρκαγιάς. Αν και οι πολυουρεθανικοί ατμοί δεν είναι από τεχνικής άποψης θερμοπλαστικά,

παράγουν καιόμενες σταγόνες πίσσας κατά την πυρκαγιά. Αντίθετα το PVC το οποίο είναι ένα θερμοπλαστικό υλικό δεν παράγει καιόμενες σταγόνες, αλλά απλά σχηματίζει ένα πηχώδες προϊόν που μοιάζει με κοκ.

9.2.4 Εξώθερμες αντιδράσεις

Η διαδικασία του πολυμερισμού μπορεί να είναι εξώθερμη, δηλαδή να ελευθερώνεται θερμότητα. Αυτό αποτελεί πρόβλημα για τους παραγωγούς της πρώτης ύλης πλαστικών, όμως κάτω από τις συνθήκες αυτές υπάρχει υψηλός βαθμός ελέγχου των διαδικασιών. Η διαδικασία σχηματισμού πλέγματος ή η επεξεργασία των θερμοσκληρυνόμενων υλικών είναι επίσης εξώθερμη. Για παράδειγμα, γνωρίζουμε περιπτώσεις αφρού πολυουρεθάνης που εμποδίζει την έναρξη πυρκαγιάς, επειδή η θερμότητα που ελευθερώνεται κατά τη διάρκεια επεξεργασίας δεν μπορεί να διαφύγει από την μάζα του υλικού. Αυτό οφείλεται στο ότι το υλικό έχει χαμηλή θερμοαγωγιμότητα.

9.2.5 Καταλύτες

Πολλοί τύποι καταλυτών χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες πολυμερισμού περιλαμβάνοντας οξέα, αλκαλικές ενώσεις, σύμπλοκες οργανο-μεταλλικές ενώσεις και οργανικά υπεροξειδία. Τα οξέα και οι αλκαλικές ενώσεις παρουσιάζουν τους γνωστούς κινδύνους. Οι οργανομεταλλικοί καταλύτες μπορεί να έχουν την μορφή πολτού σε εύφλεκτους διαλύτες. Οι οργανομεταλλικές ενώσεις, όπως το τριαιθυλαργίλιο, αντιδρούν βίαια με το νερό. Τα οργανικά υπεροξειδία χρησιμοποιούνται ευρέως ως καταλύτες για τον πολυμερισμό και τη διαδικασία της επεξεργασίας. Είναι οξειδωτικά μέσα και για αυτό παρουσιάζουν μεγάλο βαθμό επικινδυνότητας για πρόκληση πυρκαγιάς. Κάτω από ορισμένες συνθήκες τα υλικά αυτά μπορεί να προκαλέσουν εκρήξεις.

9.2.6 Χρήση εύφλεκτων διαλυτών

Οι εύφλεκτοι διαλύτες, όπως είναι η ακετόνη, η μεθυλο-αιθυλο-κετόνη, το τολουόλιο, η

βιομηχανική αλκοόλη και η μεθυλική αλκοόλη χρησιμοποιούνται ευρέως ως διαλύτες σε διάφορες διαδικασίες και ακόμη ως υγρά καθαρισμού.

9.2.7 Σκόνες

Σε ορισμένες διαδικασίες, ειδικά στην παραγωγή υλικών μόρφωσης παράγονται πλαστικά υπό μορφή σκόνης τα οποία παρουσιάζουν κινδύνους πυρκαγιάς και έκρηξης. Η ξήρανση με ψεκασμό μπορεί να παράγει κονιοποιημένα πολυμερή λεπτού κόκκου

9.2.8 Αφεσβηνόμενα υλικά

Πολλά πλαστικά περιγράφονται ως αφεσβηνόμενα υλικά. Μερικά έχουν από τη φύση τους την ιδιότητα αυτή, όπως είναι το PVC και οι ρητίνες φαινόλης- φορμαλδεΐδης. Άλλα μπορούν να αποκτήσουν τις ιδιότητες των αφεσβηνόμενων υλικών με χημικές αλλαγές στο μόριο του πολυμερούς ή με ειδικά πρόσθετα π.χ. ορισμένοι τύποι ινών γυαλιού πολυεστερικής ρυτίνης ή αφρού πολυουρεθάνης. Ο όρος αφεσβηνόμενα υλικά σημαίνει ότι εν η εξωτερική πηγή θερμότητας π.χ. φλόγα απομακρυνθεί, οποιαδήποτε πυρκαγιά που είχε προκαλέσει η φλόγα θα κατασβεστεί. Αν και αυτό χωρίς αμφιβολία είναι αληθές, τα αφεσβηνόμενα υλικά από την στιγμή που θα αναφλεγούν και θα περιβληθούν από άλλα καίόμενα καύσιμα υλικά, θα καούν και τα ίδια. Τον όρο αφεσβηνόμενα υλικά δεν πρέπει να τον συγχέουμε με τον όρο << άκαυστα υλικά >>

9.3 Κίνδυνοι που συνδέονται με τα μονομερή

Τα μονομερή είναι δραστικές ενώσεις ικανές για πολυμερισμό. Μερικά μονομερή, όπως το αιθυλένιο, δεν πολυμερίζονται εύκολα επειδή χρειάζονται ακριβώς τις σωστές συνθήκες. Μερικά μπορούν να πολυμεριστούν τυχαία εξαιτίας της παρουσίας ακαθαρσιών ή άλλων αιτιών και όταν αυτό συμβεί απελευθερώνεται μεγάλη ποσότητα θερμότητας. Επειδή τα υλικά αυτά δεν είναι πολύ καλοί αγωγοί της

θερμότητας, η θερμότητα δεν μπορεί να διαφύγει και προκαλείται πυρκαγιά. Εκτός από το πρόβλημα αυτό πολλά μονομερή είναι επίσης εύφλεκτα υλικά από τα οποία μερικά είναι τοξικά. Πολλά μονομερή τα οποία είναι σταθερά και μπορούν να πολυμεριστούν σε συνθήκες πυρκαγιάς με τον πρόσθετο κίνδυνο της θερμότητας που απελευθερώνεται από την αντίδραση του πολυμερισμού. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε παραπέρα εξάπλωση της πυρκαγιάς ή ακόμα και έκρηξη.

Μερικά από τα πιο σημαντικά μονομερή που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία πλαστικών περιγράφονται λεπτομερώς παρακάτω, αλλά ο αριθμός των μονομερών είναι πολύ μεγάλος και αυξάνει συνεχώς, με αποτέλεσμα να μη μπορούμε να πούμε ότι ο κατάλογος έχει εξαντληθεί.

Ακρυλονιτρίλιο

- άχρωμο, μερικώς διαλυτό στο νερό, εύφλεκτο υγρό με ελαφρά, πικάντικη οσμή
- πολυμερίζεται εκρηκτικά με ορισμένα οργανικά υπεροξειδία ή συμπυκνωμένα καυστικά αλκάλια
- πολύ τοξικό: μπορεί να απορροφηθεί από το δέρμα
- χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παρασκευή του ABS (ακρυλονιτρίλιου βουταδιενίου - στυρολίου) πλαστικών και ορισμένων συνθετικών ελαστικών.

βουταδιένιο

- αέριο στη συνήθη θερμοκρασία και πίεση
- υγροποιείται εύκολα με μέτρια πίεση στη συνήθη θερμοκρασία.
- πολυμερίζεται εύκολα παρουσία καταλυτών υπεροξειδίου ή αέρα
- Είναι εύφλεκτο
- Ελαφρά τοξικό και ναρκωτικό σε υψηλές συγκεντρώσεις

επιχλωρυδρίνη

- Χρησιμοποιείται για την παρασκευή έποξυ ρητινών
- άχρωμο, ελαφρώς διαλυτό στο νερό, υγρό με

ενοχλητική οσμή

- πολυμερίζεται εξώθερμα με οξέα, βάσεις και μερικά άλατα και
- ισχυρά τοξικό υλικό και στις πυρκαγιές μπορεί να παράγει τοξικά αέρια, συμπεριλαμβανομένων φωσγενίου.

μεθακρυλικό μεθύλιο

- διαυγές υγρό με πυκνή μυρωδιά, που χρησιμοποιείται για την κατασκευή ακρυλικών πλαστικών
- εύφλεκτο
- τοξικό
- πολυμερίζεται εξώθερμα με καταλύτες υπεροξειδίου και
- σταθεροποιείται ομαλά, αλλά η θερμότητα επιταχύνει τη διαδικασία του πολυμερισμού.

στυρένιο

- Χρησιμοποιείται για την παρασκευή πλαστικών πολυστυρενίου και ινών γυαλιού πολυεστερικών ρητινών
- υποκίτρινο υγρό με χαρακτηριστική οσμή
- Πολυμερίζεται εξώθερμα και υπο ορισμένες περιστάσεις μπορεί να προκληθεί πυρκαγιά και εκρήξεις
- μέτρια τοξικό και ο ατμός του είναι ερεθιστικός για τα μάτια.

οξικό βινύλιο

- άχρωμο, ελαφρώς διαλυτό στο νερό, εύφλεκτο υγρό, με ελαφρά οσμή
- πολυμερίζεται με οργανικά υπεροξείδια όταν θερμαίνεται
- Έχει χαμηλή τοξικότητα, και είναι ερεθιστική για τα μάτια

βινυλοχλωρίδιο

- Είναι αέριο σε συνήθεις θερμοκρασίες και πιέσεις
- Έχει γλυκιά γεύση
- Υγροποιείται εύκολα με αύξηση της πίεσης
- Εκρηκτικό όταν εκτίθεται σε φλόγα ή θερμότητα
- Μέτρια τοξικό και σε υψηλές συγκεντρώσεις ενεργεί ως αναισθητικό

- Ως υγρό προκαλεί εγκαύματα

- Εύφλεκτο και τα αέρια καύσης περιέχουν φωσγένιο και υδροχλώριο

9.3.1 Πρώτες ύλες και σκληρυντές

ισοκυανίδια

- χρησιμοποιούνται ως ενδιάμεσα για την παραγωγή αφρού πολυουρεθάνης
- ως επί το πλείστον είναι υγρά με καφέ χρώμα, ελαφρώς διαλυτά στο νερό, με χαρακτηριστική οσμή
- ερεθιστικά για το δέρμα, μπορούν να προκαλέσουν δερματίτιδα,
- εύφλεκτα - εκλύουν τοξικά αέρια κατά στην πυρκαγιά
- Εάν εισπνευσθούν θα προκληθεί βρογχικός σπασμός και περαιτέρω έκθεση επιφέρει απώλεια αισθήσεων
- μεγάλη προσοχή πρέπει να δίνεται κατά την αντιμετώπισή τους και
- Μπορούν να καταστούν ακίνδυνα με ειδικά διαλύματα αμμωνίας στο νερό στα οποία έχει προστεθεί ένα μέσο γαλακτοματοποιήσεως

χλωροσιλάνια

- Πρώτη ύλη για την παραγωγή πλαστικών σιλικόνης
- ως επί των πλείστων είναι διαυγή ατμίζοντα υγρά
- εξαιρετικά τοξικά
- εύφλεκτα και
- αντιδρούν με το νερό για να παράγουν αέριο υδροχλώριο. Σε αυτές τις περιπτώσεις η αντίδραση είναι ισχυρά εξώθερμη

Εποξειδικές ρητίνες

- Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί σκληρυντές για τα πλαστικά αυτά. Μια κατηγορία είναι γνωστή ως αμίνες, οι οποίες μπορεί να είναι αλειφατικές είτε αρωματικές. Γενικά οι ουσίες αυτές είναι τοξικές και μπορούν να προκαλέσουν δερματίτιδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 – Άλλα καύσιμα στερεά

10.1 ΞΥΛΟ

Το ξύλο είναι ένα σύνθετο πολυμερές υλικό φυσικής προέλευσης. Παρά την εκτεταμένη χρήση συνθετικών υλικών, το ξύλο εξακολουθεί να αντιπροσωπεύει ένα μεγάλο ποσοστό του καύσιμου υλικού που χρησιμοποιείται σε κτίρια, όχι μόνο ως εξαρτήματα και τα έπιπλα, αλλά και ως δομικό στοιχείο. Το κύριο συστατικό του ξύλου είναι η κυτταρίνη, ένα πολυμερές της D-γλυκόζης, η οποία υπάρχει σε όλα τα ανώτερα φυτά.

Υπάρχει υψηλή περιεκτικότητα σε νερό στο ξύλο και η διαφορά της περιεκτικότητας σε υγρασία μεταξύ φρέσκου και καλά αποξηραμένου ξύλου είναι σημαντική σε σχέση με τον κίνδυνο πυρκαγιάς. Απαιτούνται σημαντικές ποσότητες θερμότητας για να στεγνώσουν τα ξύλα, λόγω της υψηλής λανθάνουσας θερμότητας εξάτμισης του νερού.

Όταν το ξύλο θερμαίνεται στους 170°C, ξεκινά αποσύνθεση με απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα, μονοξειδίου του άνθρακα και νερού και σχηματισμό απανθρακωμένου υπολείμματος, που οφείλεται στην αποσύνθεση του πολυμερούς υλικού από το οποίο αποτελείται το ξύλο. Το ποσοστό των εύφλεκτων ατμών που εκλύονται σε αυτό το στάδιο είναι χαμηλό. Πάνω από τους 300°C, η διαδικασία αποσύνθεσης με παραγωγή εύφλεκτων ατμών, γίνεται η κυρίαρχη αντίδραση πυρόλυσης, με περιορισμό της έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα, μονοξειδίου και νερού. Αυτό το μείγμα αερίων και ατμών είναι λιγότερο εύφλεκτο από τα προϊόντα αποσύνθεσης, για παράδειγμα, του πολυαιθυλενίου τα οποία θα είναι 100% υδρογονάνθρακες. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το ότι υπάρχει πάντα σχηματισμός σημαντικού ποσοστού απανθρακωμένου υπολείμματος, παρέχει προστασία στο ξύλο από κάτω, δημιουργώντας τον ξεχωριστό χαρακτήρα της συμπεριφοράς του ξύλου στη φωτιά. Για παράδειγμα, (i) χοντρά τεμάχια ξύλου δεν μπορούν να καούν απομονωμένα και (ii) χοντρά ξύλινα δοκάρια μπορούν να αντέξουν περισσότερο στη

φωτιά σε σχέση με απροστάτευτες χαλύβδινες δοκούς, λόγω του ότι το απανθρακωμένο υπόλειμμα σχηματίζει ένα προστατευτικό στρώμα γύρω από το ξύλο.

Έχουν χρησιμοποιηθεί πολλές μέθοδοι για να καταστήσουν το ξύλο λιγότερο εύφλεκτο. Αυτές οι μέθοδοι βασίζονται συνήθως στον εμποτισμό ή τη βαφή του ξύλου με κατάλληλες χημικές ουσίες (π.χ. φωσφορικά άλατα αμμωνίου, κ.λπ.) τα οποία καταλύουν την αντίδραση σχηματισμού απανθρακωμένου υπολείμματος, σε βάρος της διαδικασίας αποσύνθεσης που εκπέμπει εύφλεκτους ατμούς. Σαν αποτέλεσμα οι ατμοί, θα είναι πολύ χαμηλής ευφλεκτότητας (κυρίως μίγμα διοξειδίου του άνθρακα, μονοξειδίου και νερού) και δεν θα συντηρούν τη φλόγα, ή δε θα συμβάλουν σημαντικά σε μια πυρκαγιά όταν καίγονται άλλα υλικά.

10.2 ΓΑΙΑΝΘΡΑΚΑΣ

Ο γαιάνθρακας είναι ένα πολύ σύνθετο μίγμα από άνθρακα και ρητινώδεις οργανικές ενώσεις. Υπάρχουν πολλά είδη γαιάνθρακα που πρόχειρα διακρίνονται σε σκληρούς και μαλακούς. Στον γαιάνθρακα βρίσκονται στρώματα ανόργανων, άκαυστων υλικών που αποτελούνται από ασβεστόλιθο και ενώσεις σιδήρου, μαγνησίου και μαγγανίου.

Όταν αποθηκεύεται σε μεγάλους σωρούς, όπως σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί να συμβεί αυτοθέρμανση, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε αυτανάφλεξη. Όσο πιο μικρά είναι τα σωματίδια του άνθρακα τόσο πιο μεγάλος είναι ο κίνδυνος οξείδωσης και αυτανάφλεξης. Ο κίνδυνος αυτός αυξάνεται με την υγρασία καθώς και την ποσότητα οξυγόνου στον γαιάνθρακα. Ειδικά ο κονιορτοποιημένος γαιάνθρακας, με περισσότερο από 10% οξυγόνο, καθίσταται επικίνδυνος κατά την αποθήκευσή του. Επίσης μικρή ποσότητα σκόνης γαιάνθρακα μπορεί να σχηματίσει εκρηκτικό μίγμα με τον αέρα. Οι σωροί που αποθηκεύονται θα πρέπει

να διατηρούνται όσο τον δυνατό σε μικρότερη επαφή με τον αέρα και επίσης να αποφεύγονται εξωτερικές πηγές θερμότητας. Ο γαιάνθρακας μερικές φορές ψεκάζεται με ορυκτέλαια υψηλού σημείου ανάφλεξης, το οποίο όχι μόνο ελαττώνει την παραγωγή σκόνης, αλλά επίσης προστατεύει την επιφάνεια του άνθρακα από την οξείδωση.

10.3 Μέταλλα

Τα τρία τέταρτα όλων των στοιχείων είναι μέταλλα, αν και μερικά από αυτά είναι πολύ σπάνια. Για τον χημικό, τα μέταλλα είναι υλικά τα οποία μπορούν να χάσουν ηλεκτρόνια και να σχηματίσουν θετικά ιόντα. Τα ιόντα είναι φορτισμένα άτομα ή ομάδες ατόμων. Επίσης τα μέταλλα έχουν ιδιότητες παρόμοιες μεταξύ τους. Εάν ένα στοιχείο έχει τις περισσότερες από αυτές χαρακτηρίζεται ως μέταλλο.

10.3.1 Ιδιότητες μετάλλων

- 1) Όλα τα μέταλλα είναι στερεά σε θερμοκρασία δωματίου, εκτός του υδραργύρου, παρόλο που μπορεί τα σημεία τήξης να διαφέρουν σημαντικά.
- 2) Σχηματίζουν θετικά ιόντα.
- 3) Είναι ελατά και όλκιμα, δηλαδή μπορούν να λάβουν με σφυρηλάτηση συγκεκριμένο σχήμα και επίσης να μετατραπούν σε σύρματα.
- 4) Είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας και του ηλεκτρισμού.
- 5) Μπορούν να σχηματίσουν κράματα.
- 6) Τα οξειδία και τα υδροξείδια τους συμπεριφέρονται ως βάσεις.
- 7) Συνήθως διαλύονται σε ανόργανα οξέα απελευθερώνοντας υδρογόνο.

Τα μέταλλα παρουσιάζουν ευρεία κλίμακα χημικών ιδιοτήτων και κυμαίνονται από επικίνδυνα δραστικά μέταλλα, όπως είναι το νάτριο, έως αδρανή όπως ο χρυσός. Τα μέταλλα μπορούν να ταξινομηθούν σε μια «σειρά δραστικότητας». (βλ. πίνακα που ακολουθεί).

Τα πιο δραστικά μέταλλα βρίσκονται στην κορυφή του πίνακα και τα λιγότερο δραστικά στο κάτω μέρος. Τα μέταλλα που βρίσκονται στην κορυφή του πίνακα αντιδρούν πιο έντονα

και βίαια, ενώ εκείνα που βρίσκονται στην βάση δεν αντιδρούν καθόλου ή αντιδρούν αργά.

Παρόλο που το υδρογόνο δεν ανήκει στα μέταλλα, περιλαμβάνεται στον πίνακα επειδή σχηματίζει θετικό ιόν. Πολλές σημαντικές αντιδράσεις των μετάλλων περιλαμβάνουν αντικατάσταση του υδρογόνου είτε από το νερό είτε από τα οξέα.

Η σειρά δραστικότητας των μετάλλων:

ΜΕΤΑΛΛΟ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ	ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ ΜΕ ΤΟ ΝΕΡΟ
Κάλιο K Νάτριο Na *Βάριο Ba Στρώντιο Sr Ασβέστιο Ca	βρίσκονται πάντα ενωμένα με άλλα στοιχεία	Αντιδρούν με κρύο νερό και ελευθερώνουν υδρογόνο
Μαγνήσιο Mg Αργίλιο Al *Χρώμιο Cr Μαγγάνιο Mn Ψευδάργυρος Zn *Κάδμιο Cd Σίδηρος Fe	Σπάνια απαντώνται απαλλαγμένα από άλλα στοιχεία	Τα καιόμενα μέταλλα διασπούν το νερό. Πυρακτωμένα διασπούν τον ατμό
Κοβάλτιο Co Νικέλιο Ni Κασσίτερος Sn *Μόλυβδος Pb		Μικρός ρυθμός αντίδρασης
*Υδρογόνο H		
Βισμούθιο Bi Χαλκός Cu *Υδράργυρος Hg Άργυρος Ag	Μερικές φορές απαντώνται ελεύθερα από άλλα στοιχεία	Δεν αντιδρούν με ατμό και νερό
Λευκόχρυσος Pt Χρυσός Au	Απαντώνται ελεύθερα από άλλα στοιχεία	

* Πρέπει να φέρονται αναπνευστικές συσκευές σε συμβάν που εμπλέκονται τα μέταλλα αυτά.

10.3.2 Αντίδραση των μετάλλων με νερό και ατμό

Είναι πολύ σημαντικό για τους πυροσβέστες να κατανοήσουν πώς τα μέταλλα αυτά θερμαινόμενα θα αντιδράσουν με το νερό. Το νερό είναι το

πιο διαθέσιμα μέσο πυρόσβεσης. Προκύπτει εν τούτοις, ότι για ορισμένα μέταλλα, η προσθήκη νερού μπορεί να είναι επικίνδυνη ή καταστροφική.

- Κάλιο ως ασβέστιο

Τα μέταλλα αυτά αντιδρούν άμεσα με νερό για να ελευθερώσουν εύφλεκτο αέριο υδρογόνο και να σχηματίσουν υδροξείδιο του μετάλλου. Σε μερικές περιπτώσεις το υδροξείδιο που σχηματίστηκε με τον τρόπο αυτό είναι από μόνο του διαβρωτικό αλκαλικό διάλυμα. Στην περίπτωση του καλίου η αντίδραση είναι τόσο έντονη που το μέταλλο φαίνεται να αναφλέγεται όταν έλθει σε επαφή με το νερό. Το νάτριο αντιδρά πολύ ζωηρά με το νερό και σχηματίζεται υδροξείδιο του νατρίου, ενώ ταυτόχρονα εκλύεται υδρογόνο και σημαντικό ποσό θερμότητας. Μεγαλύτερα κομμάτια των μετάλλων αυτών υπόκεινται στον κίνδυνο της έκρηξης όταν έλθουν σε επαφή με το νερό. Το ασβέστιο αντιδρά ομαλά με κρύο νερό αλλά έντονα με ζεστό.

- Μαγνήσιο ως σίδηρος

Τα μέταλλα αυτά αντιδρούν ελάχιστα με κρύο νερό, ακόμη και όταν το μαγνήσιο είναι σκόνη. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες ο ρυθμός αντίδρασης αυξάνεται και παράγεται υδρογόνο σε αντίδραση με τον ατμό. Εάν τα μέταλλα καίγονται ήδη, η αντίδραση με κρύο νερό γίνεται πιο έντονη. Εάν προσθέσουμε κρύο νερό στο καυτό μαγνήσιο παράγεται γρήγορα υδρογόνο με τις επακόλουθες εκρήξεις. Καθώς κατεβαίνουμε την σειρά Δραστηριότητας ο ρυθμός αντίδρασης ελαττώνεται, μέχρι να φθάσουμε στο σίδηρο όπου ο ρυθμός αντίδρασης είναι πολύ χαμηλός, εκτός και εάν το ερυθροπυρωμένο μέταλλο έρθει σε επαφή με τον ατμό.

- Κοβάλτιο ως μόλυβδος

Τα μέταλλα που έχουν φτάσει στη λευκή περιοχή θερμοκρασιών πρέπει να επεξεργάζονται με ατμό πριν λάβει χώρα η αντίδραση.

- Βισμούθιο ως χρυσός

Επειδή τα μέταλλα αυτά βρίσκονται κάτω από το Υδρογόνο στη Σειρά Δραστηριότητας δεν αντιδρούν με το νερό ή τον ατμό.

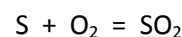
10.3.3 Σχηματισμός οξειδίων και καύση

Τα μέταλλα στην κορυφή του πίνακα της Σειράς Δραστηριότητας αντιδρούν αρκετά εύκολα με το οξυγόνο. Το νάτριο και το κάλιο είναι τόσο δραστικά που αποθηκεύονται βυθισμένα σε παραφινέλαιο για να εμποδιστεί η οξείδωσή τους. Πολλά άλλα μέταλλα καίγονται στον αέρα ή το οξυγόνο, αν και με αυξανόμενη δυσκολία, καθώς κατεβαίνουμε τον πίνακα της Σειράς Δραστηριότητας. Ακόμα και τα μέταλλα, όπως ο κασσίτερος και ο μόλυβδος, καίγονται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες.

Όταν το μέταλλο είναι πολύ λεπτά διαμερισμένο παρουσιάζει αυξανόμενη ειδική επιφάνεια, με αποτέλεσμα η ευκολία της καύσης να μπορεί να αυξηθεί σε ευρεία κλίμακα. Μερικές μεταλλικές σκόνες ρινισμάτων ή άλλες σκόνες καίγονται ή εκρήγνυνται αυτόματα στον αέρα. Όταν αυτό συμβαίνει σε συνήθεις θερμοκρασίες λέμε ότι το υλικό είναι πυροφορικό. Η ιδιότητα αυτή απαντάται σε πολλές εύφλεκες μεταλλικές σκόνες, ειδικά στο μαγνήσιο, στο ασβέστιο, στο νάτριο, στο κάλιο, στο ζirkόνιο και στο άφνιο. Είναι γνωστό ότι μερικές μεταλλικές σκόνες καίγονται σε ατμόσφαιρα διοξειδίου του άνθρακα, αζώτου ή μέσα σε νερό. Οι μεταλλικές σκόνες όταν υγρανθούν μπορούν επίσης να προκαλέσουν πυρκαγιές και εκρήξεις, ακόμα και με απουσία αέρα και θερμότητας και συχνά χωρίς προειδοποίηση.

10.4 Θείο

Συναντάται συνήθως ως κίτρινη σκόνη ή με τη μορφή κίτρινων κρυστάλλων, αλλά μερικές φορές παράγεται σε κομμάτια ή ράβδους. Καίγεται με γαλάζια φλόγα παράγοντας διοξείδιο του θείου:

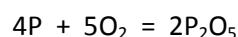


Το θείο χρησιμοποιείται στην παραγωγή ελαστικών, στην παραγωγή θειούχων ενώσεων, όπως είναι το διοξείδιο του θείου και το θειικό οξύ και σε ορισμένα φάρμακα. Έχει χαμηλή τοξικότητα, αλλά η σκόνη περικλείει κίνδυνο έκρηξης. Το διοξείδιο του θείου όμως είναι πολύ τοξικό αέριο με οξεία καυστική οσμή, το οποίο μπορεί εύκολα να υγροποιηθεί υπό πίεση σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Έχει πολλές χρήσεις, ειδικά ως λευκαντικό μέσο και ως συντηρητικό τροφίμων.

Το υδρόθειο (H_2S), σχηματίζεται ως παραπροϊόν από πολλές χημικές διεργασίες, στις οποίες περιλαμβάνεται και η αποσύνθεση των θειούχων οργανικών ενώσεων. Για το λόγο αυτό συναντάται συχνά στα αέρια των υπονόμων. Το υδρόθειο έχει χαρακτηριστική οσμή χαλασμένου αυγού και είναι πολύ τοξικό. Είναι εύφλεκτο και κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να προκαλέσει έκρηξη.

10.5 Φώσφορος

Ο λευκός φωσφόρος είναι εξαιρετικά επικίνδυνος καθώς θα αναφλεγεί στον αέρα σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 30°C παράγοντας πυκνά λευκά σύννεφα τοξικών ατμών πεντοξειδίου του φωσφόρου :



Ο λευκός φωσφόρος ποτέ δεν πρέπει να αγγίζεται με γυμνά χέρια επειδή η θερμοκρασία του χεριού μπορεί να προκαλέσει ανάφλεξη. Τα εγκαύματα του φωσφόρου θεραπεύονται πολύ αργά.

Ο ερυθρός φωσφόρος είναι σχετικά ασφαλής αν τον χειριστούμε με προσοχή. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή σπέρτων ασφαλείας. Ο λευκός φωσφόρος λόγω της τοξικότητάς του μετατρέπεται σε θειούχο φωσφόρο (P_4S_3) για χρήση σε σπέρτα μη ασφαλείας.

Οι ανόργανες μεταλλικές φωσφορικές ενώσεις είναι κρυσταλλικά στερεά, τα οποία σε κανονικές συνθήκες είναι ασφαλή, εκτός από την περίπτωση που εμπλέκονται τοξικά μέταλλα. Μερικές από αυτές τις μεταλλικές φωσφορικές ενώσεις χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα. Οι οργανικές φωσφορικές ενώσεις είναι πράγματι πολύ τοξικές και συναντώνται ως παρασιτοκτόνα. Λίγες σταγόνες ορισμένων παρασιτοκτόνων στο δέρμα μπορούν να αποβούν θανατηφόρες.

Κεφάλαιο 11 - Κατάσβεση Φωτιάς

Οι αρχές που διέπουν τις μεθόδους που εφαρμόζονται στην κατάσβεση των πυρκαγιών αναπτύχθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουν τα διάφορα μέσα που χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένες κατηγορίες πυρκαγιών. Αυτά εξαρτώνται από την φύση των καιόμενων υλικών, το μέγεθος και την ένταση της πυρκαγιάς.

11.1 Ταξινόμηση πυρκαγιών κατά κατηγορίες

Οι πυρκαγιές ταξινομούνται σε τέσσερις κατηγορίες : A, B, C και D, σύμφωνα με το πρότυπο της CEN, EN 2:1992 «Ταξινόμηση πυρκαγιών», σχετικά με την περιγραφή και κατάταξη των πυρκαγιών.

Κατηγορία "A"

Στην κατηγορία αυτή υπάγονται οι πυρκαγιές στερεών υλικών, συνήθως οργανικής φύσης (ενώσεις του άνθρακα), στην οποία η καύση συμβαίνει με σχηματισμό διάπυρης μάζας. Το πιο κοινό και αποτελεσματικό μέσο για τις πυρκαγιές της κατηγορίας αυτής είναι το νερό με τη μορφή συμπαγούς ή διασκορπισμένης βολής.

Κατηγορία "B"

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα υγρά και τα υγροποιημένα στερεά. Για την επιλογή των κατάλληλων μέσων τα εύφλεκτα υγρά διαιρούνται σε δυο ομάδες :

- Εκείνα που αναμιγνύονται με το νερό
- Εκείνα που δεν αναμιγνύονται με το νερό

Ανάλογα σε ποια ομάδα ανήκουν, τα κατασβεστικά μέσα μπορεί να είναι διασκορπισμένη βολή νερού, αφρός, ελαφρύ νερό, διοξείδιο του άνθρακα και ξερές χημικές σκόνες.

Κατηγορία "C"

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι πυρκαγιές

αερίων ή υγροποιημένων αερίων με τη μορφή διαρρέοντος αερίου. Σε αυτές τις πυρκαγιές περιλαμβάνονται το μεθάνιο, το προπάνιο, το βουτάνιο κ.τ.λ. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί αφρός ή ξερή σκόνη για να κατασβεστούν πυρκαγιές μικρής ποσότητας υγρών που έχουν διαρρεύσει. (Το νερό υπό μορφή διασκορπισμένης βολής χρησιμοποιείται για να ψυχθούν οι δεξαμενές).

Κατηγορία "D"

Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν οι πυρκαγιές μετάλλων. Κατασβεστικά μέσα που περιέχουν νερό είναι αποτελεσματικά και συχνά επικίνδυνα. Το διοξείδιο του άνθρακα και όξινες ανθρακικές ενώσεις, από τις οποίες αποτελούνται οι ξερές χημικές σκόνες, μπορούν επίσης να αποδειχθούν επικίνδυνες εάν χρησιμοποιηθούν στις περισσότερες πυρκαγιές μετάλλων. Ο κονιοποιημένος γραφίτης, η σκόνη τάλκ, το ανθρακικό νάτριο, η ασβεστολιθική και η ξερή άμμος είναι συνήθως κατάλληλα κατασβεστικά υλικά για αυτήν την κατηγορία. Ειδικές τηκόμενες σκόνες έχουν παραχθεί για πυρκαγιές μετάλλων, ειδικά ραδιενεργών.

«Πυρκαγιές ηλεκτρικών εγκαταστάσεων»

Παλαιότερα, η ταξινόμηση περιλάμβανε μια ακόμα κατηγορία «Κατηγορία E» (Όλες οι παραπάνω κατηγορίες πυρκαγιών παρουσία ηλεκτρικού ρεύματος), η οποία έχει καταργηθεί, υπάρχει όμως ακόμα σε πολλά εγχειρίδια, σε σήμανση κατασβεστικών υλικών, κλπ.

Σύμφωνα με τις νέες αντιλήψεις δεν θεωρείται ότι ο πυρκαγιές παρουσία ηλεκτρικού ρεύματος αποτελούν ξεχωριστή κατηγορία στην οποία εμπλέκεται ηλεκτρικό ρεύμα ή ξεκίνησε από ηλεκτρικό ρεύμα, μπορεί στην πραγματικότητα να είναι πυρκαγιά κατηγορίας A, B, C ή D.

Η διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος και η χρήση της κατάλληλης κατασβεστικής μεθόδου, σύμφωνα με την φύση του καιόμενου υλικού, είναι η τυπική διαδικασία που πρέπει να ακολουθείται σε τέτοιες περιπτώσεις.

Μόνο στην περίπτωση που αυτό δεν μπορεί να γίνει με βεβαιότητα, απαιτούνται ειδικά κατασβεστικά μέσα τα οποία είναι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού και δεν προκαλούν φθορές στον εξοπλισμό. Περιλαμβάνονται οι ξερές σκόνες και το διοξείδιο του άνθρακα, αν και σε αυτήν την περίπτωση η επίδραση της ψύξης και της συμπύκνωσης θα προκαλέσουν ζημιές στον ευαίσθητο ηλεκτρονικό εξοπλισμό.

11.2 Ταξινόμηση των πυρκαγιών κατά μέγεθος

Για να περιγράψει το μέγεθος μιας πυρκαγιάς, η Πυροσβεστική Υπηρεσία της Αγγλίας χρησιμοποιεί την ακόλουθη κατάταξη:

- Πολύ μεγάλη πυρκαγιά 20 αυλοί χαμηλής πίεσης και άνω
- Μεγάλη πυρκαγιά 8-19 αυλοί χαμηλής πίεσης
- Μεσαία πυρκαγιά 3-7 αυλοί χαμηλής πίεσης
- Μικρή πίεση 1-2 αυλοί χαμηλής πίεσης ή 3 αυλοί υψηλής πίεσης και άνω
- Πολύ μικρή πυρκαγιά 1-2 αυλοί υψηλής πίεσης ή φορητοί πυροσβεστήρες.

11.3 Μέθοδοι κατάσβεσης πυρκαγιάς : Αφαίρεση καύσιμης ύλης, αποστέρηση, ψύξη

Από το τρίγωνο της καύσης έγινε φανερό ότι απαιτούνται τρεις παράγοντες για να έχουμε καύση :

- Η παρουσία καυσίμου ή καύσιμης ύλης
- Η παρουσία οξυγόνου ή άλλης ουσίας που διατηρεί την καύση
- Η παρουσία και η διατήρηση της ελάχιστης και αναγκαίας θερμοκρασίας

Οι μέθοδοι κατάσβεσης της πυρκαγιάς μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής:

- Αφαίρεση καύσιμης ύλης ή περιορισμός του καυσίμου
- Αποστέρηση ή περιορισμός οξυγόνου
- Ψύξη ή υποβιβασμός της θερμοκρασίας

Στην πράξη οι ειδικές μέθοδοι κατάσβεσης της πυρκαγιών συχνά περιλαμβάνουν περισσότερες από μια από τις παραπάνω αρχές, αλλά είναι χρήσιμο για την καλύτερη κατανόηση τους να τις εξετάσουμε μεμονωμένα.

11.3.1 Αφαίρεση καύσιμης ύλης

Η κατάσβεση πυρκαγιών με αφαίρεση της καύσιμης ύλης, επιτυγχάνεται με τρεις τρόπους:

1. Απομακρύνοντας την καύσιμη ύλη από το χώρο που περιβάλλει την πυρκαγιά. Τέτοια παραδείγματα είναι:
 - Η αποστράγγιση καυσίμου από καιόμενες δεξαμενές πετρελαίου
 - Η απομάκρυνση του φορτίου σε πυρκαγιά πλοίου
 - Η διάνοιξη τάφρων σε κοιτάσματα τύρφης
 - Η δημιουργία αντιπυρικών ζωνών σε πυρκαγιές θαμνώδους ή δασικής έκτασης.
 - Η κατεδάφιση κτιρίων για τη δημιουργία φράγματος πυρός και
 - Ο αντεμπρησμός σε δασικές πυρκαγιές
2. Απομακρύνοντας την πυρκαγιά από τον χώρο των καύσιμων υλικών, όπως για παράδειγμα η απομάκρυνση του καιόμενου σωρού μιας θημωνιάς ή του καιόμενου τμήματος μιας αχυροσκεπής.
3. Με υποδιαίρεση του καιόμενου υλικού, έτσι ώστε οι μικρότερες πυρκαγιές που δημιουργούνται να αφεθούν να σβήσουν από μόνες τους ή να κατασβεστούν ευκολότερα με άλλα μέσα.



Σχήμα 11 0.1 Το τρίγωνο της καύσης.

Πάνω: -αποστέρηση - ή περιορισμός του εύφλεκτου υλικού.

Κέντρο: κάλυψη - ή περιορισμός του οξυγόνου.

Κάτω: ψύξη - ή περιορισμός της θερμοκρασίας

11.3.2 Αποστέρηση οξυγόνου

Εάν η ποσότητα του οξυγόνου της ατμόσφαιρας γύρω από την περιοχή του καιόμενου υλικού ελαττωθεί αρκετά, θα επέλθει διακοπή της καύσης (σχήμα 11.1, κέντρο). Η γενική διαδικασία στις μεθόδους αυτού του τύπου κατάσβεσης είναι να

εμποδίσουμε την επανατροφοδοσία της εστίας της πυρκαγιάς με αέρα, ώστε να εξαντληθεί το υπάρχον οξυγόνο και να σβήσει η πυρκαγιά από μόνη της. Η μέθοδος αυτή δεν είναι αποτελεσματική όταν το καιόμενο υλικό περιέχει μέσα στα μόριά του οξυγόνο που απαιτείται για τη συνέχιση της καύσης, όπως στην περίπτωση της κυτταρίνης.

Η αρχή της αποστέρησης οξυγόνου έχει εφαρμογή σε μικρή κλίμακα στο σβήσιμο της φλόγας ενός κεριού (με τα δάκτυλα) και σε μεγαλύτερη κλίμακα στη σφράγιση του στομίου φλεγόμενης πετρελαιοπηγής. Οι δύο παραπάνω διαδικασίες είναι ακριβώς ανάλογες. Άλλο ένα παράδειγμα αποστέρησης οξυγόνου είναι το κλείσιμο της πόρτας του αμπαριού ενός πλοίου, όταν εκδηλωθεί πυρκαγιά κάτω από το κατάστρωμα, για να τεθεί η πυρκαγιά υπό έλεγχο μέχρι να φθάσει το πλοίο σε λιμάνι. Οι μικρές πυρκαγιές, όπως εκείνες της ενδυμασίας ενός ατόμου, μπορούν να σβήσουν με τη χρήση ενός υφάσματος, κουβέρτας κ.λ.π., ενώ η χρήση άμμου ή χώματος σε μικρές πυρκαγιές μετάλλων είναι ένα επιπλέον παράδειγμα της ίδιας αρχής.

Μια σημαντική πρακτική εφαρμογή της μεθόδου της αποστέρησης οξυγόνου είναι η χρήση αφρού. Αυτός σχηματίζει μια επικάλυψη από ιξώδες ρευστό πάνω στο καυτό υλικό, περιορίζοντας τη μέχρι τότε πλήρη τροφοδοσία σε αέρα. Ο αφρός επίσης συμβάλλει στην αποφυγή δημιουργίας εύφλεκτων ατμών.

Μια άλλη μέθοδος αποστέρησης οξυγόνου είναι η εφαρμογή νέφους ξερής σκόνης, συνήθως όξινο ανθρακικό νάτριο, από πυροσβεστήρα υπό πίεση. Έρευνες που έγιναν πάνω σε αυτή τη μέθοδο απέδειξαν ότι η δράση της σκόνης δεν περιορίζεται αποκλειστικά και μόνο στην αποστέρηση οξυγόνου. Οι ανθρακικές ενώσεις θα απορροφήσουν θερμότητα. Ιδιαίτερα όταν αυτές είναι ομοιόμορφα κονιοποιημένες, όπως είναι η σκόνη, η ειδική τους θερμότητα θα είναι ακόμα μεγαλύτερη. Για το λόγο αυτό θα ήταν πιο ακριβές να πούμε ότι η σκόνη έχει και ψυκτική δράση.

Εξέλιξη της μεθόδου της αποστέρησης οξυγόνου είναι η ανακάλυψη ενώσεων σκόνης για χρήση σε πυρκαγιές μετάλλων, όπως ουρανίου, πλουτωνίου, θορίου και μαγνησίου. Αυτή η σκόνη (εύτηκτο μείγμα

τριχλωριδίου) χρησιμοποιείται σε πυροσβεστήρα που περιέχει αέριο υπό πίεση. Επειδή η θερμοκρασία τήξης της σκόνης βρίσκεται στην περιοχή των 580 °C θα σχηματιστεί κρούστα στην επιφάνεια του καυτόμενου μετάλλου και έτσι θα απομονωθεί το οξυγόνο του αέρα

Άλλος ένας τρόπος αποστέρησης οξυγόνου μπορεί να θεωρηθεί και η προσωρινή δράση της επικάλυψης από αέριο. Έτσι η βίαιη προσβολή με αδρανές αέριο στην άμεση περιοχή της πυρκαγιάς μπορεί να μειώσει στιγμιαία την ποσότητα του οξυγόνου της ατμόσφαιρας σε τέτοιο βαθμό, ώστε η καύση να μην μπορεί να διατηρηθεί.

Δύο παραδείγματα της παραπάνω δράσης είναι η χρήση διοξειδίου του άνθρακα και του αζώτου. Σε όλες τις πυρκαγιές, όμως, τα ρεύματα μεταφοράς που δημιουργούνται έχουν αρκετή δύναμη, ώστε να διασκορπίσουν την αδρανή ατμόσφαιρα που δημιουργήθηκε με την επικάλυψη του αερίου πριν καταστεί αποτελεσματική η κατασβεστική δράση. Τα ίδια αποτελέσματα έχουμε όταν η μέθοδος αυτή χρησιμοποιηθεί σε ακάλυπτο χώρο με δυνατό φύσημα αέρα. Η χρησιμοποίηση των μέσων αυτών σε υγρή μορφή, και η εξάτμισή τους από την πυρκαγιά, σχηματίζει την απαιτούμενη αδρανή ατμόσφαιρα, η οποία είναι πιο αποτελεσματική, ιδιαίτερα λόγω της συμβολής της ψύξης.

Πειράματα των τελευταίων ετών είχαν ως αποτέλεσμα την παραγωγή μιας ομάδας κατασβεστικών μέσων που αποτελούνται από πτητικά υγρά τα οποία βασίζονται στους αλογονομένους υδρογονάνθρακες. Η πρώτη και ίσως απλούστερη από τις ενώσεις αυτές είναι ο τετραχλωριούχος άνθρακας, αλλά εξαιτίας της τοξικότητάς του η χρήση του σταμάτησε και από τότε χρησιμοποιούνται άλλες ενώσεις μικρότερης τοξικότητας. Η πιο γνωστή ένωση είναι το βρωμο-χλωρο-διφθορο-μεθάνιο γνωστό ως BCF. Ωστόσο χρησιμοποιούνται συγγενικές προς αυτήν

ενώσεις σε παγκόσμια κλίμακα. Φαίνεται ότι τα ατμίζοντα υγρά δρουν εν μέρει ως αδρανή στρώματα παρόμοια με αυτά που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο και εν μέρει χημικά στην αλυσιδωτή αντίδραση της διάδοσης της φλόγας. Όσο γρηγορότερη είναι η αποσύνθεση του αερίου τόσο γρηγορότερη είναι η αντίδραση με τα μόρια της φλόγας και συντομότερη η κατάσβεση της πυρκαγιάς. Αυτό εξηγεί τη σημασία των αποκαλούμενων «ανασχετικών παραγόντων» αυτού του τύπου των κατασβεστικών υλικών.

Άλλη μέθοδος κατάσβεσης πυρκαγιάς είναι η αποκοπή και απομάκρυνση της φλόγας από το καύσιμο. Φανερό παράδειγμα σε μικρή κλίμακα είναι το σβήσιμο με φύσημα της φλόγας ενός κεριού, ενώ σε μεγάλη κλίμακα η κατάσβεση πυρκαγιάς πετρελαιοπηγής από το ωστικό κύμα της έκρηξης δυναμίτιδας αποτελεί πρακτική χρήση της μεθόδου αυτής. Αυτή η τεχνική φυσικά περιλαμβάνει σε μεγάλο βαθμό και την αρχή της ψύξης που αναπτύσσεται στο επόμενο Τμήμα.

11.3.3 Ψύξη

Εάν ο ρυθμός με τον οποίο η θερμότητα που παράγεται από την καύση είναι μικρότερος από το ρυθμό με τον οποίο απάγεται, η καύση δεν μπορεί να συνεχιστεί (σχήμα 11.1 κάτω). Εφαρμόζοντας αυτή την αρχή της πυρόσβεσης, το πρώτο βήμα είναι να επιταχύνουμε την απομάκρυνση της θερμότητας από την πυρκαγιά, μειώνοντας τη θερμοκρασία της καιόμενης μάζας, γεγονός που έχει ως επακόλουθο την ελάττωση του ρυθμού παραγωγής της θερμότητας. Στη συνέχεια, επειδή ο ρυθμός απαγωγής θερμότητας είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό παραγωγής της, η πυρκαγιά σβήνει.

Η χρήση συμπαγούς ή διασκορπισμένης βολής νερού βασίζεται πάντοτε σ' αυτή την απλή, αλλά θεμελιώδη αρχή. Υπάρχουν πολλές παραλλαγές. Άλλο ένα παράδειγμα είναι η

δημιουργία γαλακτώματος στην επιφάνεια του πετρελαίου μέσω μιας ειδικής συσκευής γαλακτωματοποίησης που παράγει γαλάκτωμα πετρελαίου σε νερό ή νερού σε πετρέλαιο.

Για την κατάσβεση των πυρκαγιών κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται η αρχή της ψύξης στην οποία βασίζεται τόσο η χρήση του νερού, όσο και η χρήση άλλων κατασβεστικών μέσων (π.χ. αφρός, υγροποιημένα αέρια) στα καιόμενα υλικά. Το κατασβεστικό μέσο λειτουργεί απορροφώντας θερμότητα από την πυρκαγιά, με συνέπεια το μέσο να υποστεί μία από τις παρακάτω αλλαγές :

- (α) να αυξηθεί η θερμοκρασία του,
- (β) να μετατραπεί στην αέρια κατάσταση,
- (γ) να αποσυντεθεί, και
- (δ) να αντιδράσει χημικά με το καιόμενο υλικό.

Η ποσότητα της θερμότητας που απαιτείται για να προκληθούν μερικές ή όλες από τις παραπάνω αλλαγές, θα πρέπει να είναι όσο το δυνατό μεγαλύτερη, με δεδομένη την ποσότητα του κατασβεστικού μέσου. Αυτό σημαίνει, αναφερόμενοι ιδιαίτερα στις παραπάνω περιπτώσεις, ότι :

(α') Το ποσό της απορροφούμενης θερμότητας θα πρέπει να είναι μεγάλο για κάθε δεδομένη αύξηση της θερμοκρασίας (θερμοχωρητικότητα).

(β') Το ποσό της απαιτούμενης θερμότητας θα πρέπει να είναι μεγάλο για να εξατμιστεί η μονάδα βάρους του κατασβεστικού μέσου (λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης).

(γ') Το ποσό της απαιτούμενης θερμότητας θα πρέπει να είναι μεγάλο για να προκληθεί αποσύνθεση της μονάδας βάρους του κατάσβεστικού μέσου (θερμότητα αποσύνθεσης).

(δ') Το ποσό της απαιτούμενης θερμότητας θα πρέπει να είναι μεγάλο για να αναγκάσει τη μονάδα βάρους του κατασβεστικού μέσου να αντιδράσει χημικά με το καιόμενο υλικό (θερμότητα αντίδρασης).

Η δράση του νερού εξαρτάται πρωταρχικά από τα ποσά (α') και (β'), από τα οποία το δεύτερο είναι κατά πολύ το πιο σημαντικό. Έτσι απαιτείται εξαπλάσια θερμότητα για να μετατραπεί ορισμένο βάρος νερού, που βρίσκεται στο σημείο βρασμού του, σε ατμό απ' ότι απαιτείται για την ίδια ποσότητα νερού για να ανυψωθεί από τη συνήθη θερμοκρασία στο σημείο βρασμού του. Σε ότι αφορά την αποτελεσματικότητα, το νερό πρέπει να χρησιμοποιείται έτσι, ώστε να μετατρέπεται όσο το δυνατόν περισσότερο σε ατμό. Η επίδραση της αποστέρησης οξυγόνου που δημιουργείται στην εστία της πυρκαγιάς από τον ατμό, συνεισφέρει, κατά ένα μέρος, στη διαδικασία της κατάσβεσης. Σε όλες τις επιχειρήσεις κατάσβεσης που χρησιμοποιείται νερό σκοπός μας είναι να εξασφαλίσουμε ότι η αναλογία του νερού που διαφεύγει από το κτίριο σε υγρή μορφή σε σχέση με αυτή που εκτοξεύεται θα πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερη. Όταν η θερμότητα της πυρκαγιάς είναι σημαντική, όπως είναι στα αρχικά της στάδια, ο ατμός που σχηματίζεται δεν θα είναι ορατός, αλλά καθώς θα ελαττώνεται η θερμοκρασία ο ατμός θα συμπυκνώνεται πάνω από την πυρκαγιά. Αυτό αναγνωρίζεται ευρύτατα από τους έμπειρους βαθμοφόρους ως ένδειξη ότι η πυρκαγιά βρίσκεται υπό έλεγχο.

Επειδή η θερμοχωρητικότητα και η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης έχουν υψηλές τιμές, το νερό είναι εξαιρετικό κατασβεστικό μέσο. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το ότι είναι διαθέσιμο σε μεγάλες ποσότητες, καθιστά το νερό το χρησιμότερο κατασβεστικό μέσο για γενική χρήση. Η διάσπαση του νερού δεν έχει ιδιαίτερη σημασία στην πράξη, επειδή το νερό διασπάται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Ορισμένες ουσίες, όπως για παράδειγμα οι ανθρακικές ενώσεις, διασπώνται κατά όμοιο τρόπο απορροφώντας θερμότητα (βλέπε την αναφορά στους πυροσβεστήρες ξερής σκόνης,

Τμήμα 2 «Αποστέρηση οξυγόνου»). Όταν το νερό αντιδρά με την καίόμενη ουσία, το ποσό της θερμότητας που απορροφά είναι μικρό. Μερικά κατασβεστικά μέσα μπορούν σε ορισμένες περιπτώσεις να αποδειχθούν επικίνδυνα, επειδή κατά την αντίδρασή τους με την καίόμενη ουσία προκαλούν έκλυση παρά απορρόφηση της θερμότητας. Επίσης από την αντίδραση μπορεί να παραχθεί ουσία που είναι από μόνη της εύφλεκτη, προσθέτοντας έτσι καύσιμο στην πυρκαγιά. Η δράση του νερού σε καίόμενο μαγνήσιο είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα που εξηγεί και τις δύο παραπάνω περιπτώσεις, επειδή αντιδρά με το μέταλλο εξώθερμα (δηλαδή απελευθερώνει θερμότητα) με το σχηματισμό υδρογόνου, το οποίο εύκολα αναφλέγεται. Στην περίπτωση των άλλων κατασβεστικών μέσων, τα προϊόντα της αντίδρασης μπορεί να μην είναι επιθυμητά, όπως στην περίπτωση του τετραχλωριούχου άνθρακα, ο οποίος κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να σχηματίσει φωσγένιο, ένα πολύ δηλητηριώδες αέριο.

11.4 Τρόποι κατάσβεσης

11.4.1 Νερό

Παρά τις σύγχρονες τεχνικές, οι οποίες χρησιμοποιούνται για να βοηθήσουν τους πυροσβέστες, το νερό θεωρείται γενικά το πιο αποτελεσματικό, φθινό και εύκολα διαθέσιμο μέσο για την κατάσβεση πυρκαγιών. Χρησιμοποιείται από τις Πυροσβεστικές Υπηρεσίες για τις περισσότερες πυρκαγιές, αλλά πρέπει να τονιστεί ότι οι μέθοδοι που εφαρμόζονται έχουν υποστεί σημαντικές βελτιώσεις. Εάν χρησιμοποιήσουμε μεγαλύτερη ποσότητα νερού από ότι πραγματικά χρειάζεται για την κατάσβεση της πυρκαγιάς, η πλεονάζουσα ποσότητα θα χυθεί στα πατώματα και πιθανόν να προκαλέσει περισσότερη καταστροφή στα αγαθά και την περιουσία από ότι θα προκαλέσει η ίδια η πυρκαγιά. Σύμφωνα με τα παραπάνω ο τρόπος χρησιμοποίησης νερού σε μια πυρκαγιά ποικίλει ανάλογα με το μέγεθός της.

Εάν απαιτούνται μόνο μικρές ποσότητες, αυτές μπορούν να ληφθούν με τη χρήση φορητών πυροσβεστήρων που εκτοξεύουν νερό ή τη χρήση χειραντλιών. Όταν η πυρκαγιά είναι μεγαλύτερη και δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί με φορητές συσκευές, τότε χρησιμοποιούνται οι αυλοί υψηλής πίεσης. Στην περίπτωση αυτή το νερό περιέχεται σε μια δεξαμενή που φέρεται από όχημα και αντλείται μέσω σωληνώσεων μέχρι τον εκτυλικτήρα υψηλής πίεσης, με τη βοήθεια αντλίας που βρίσκεται ενσωματωμένη στο όχημα. Για μεγαλύτερες πυρκαγιές όπου απαιτούνται μεγαλύτερες ποσότητες νερού, οι αντλίες είναι τοποθετημένες σε οχήματα και έχουν παροχή μέχρι 4500 λίτρα ανά λεπτό, δίνοντας την απαραίτητη ενέργεια στο νερό για να εξασφαλιστεί επαρκής πίεση.

Με τη βοήθεια των ακροφυσίων των αυλών επιτυγχάνουμε διάφορα είδη βολών νερού, όπως είναι η συμπαγής βολή ή δισκορπισμένη, που κυμαίνεται από σταγόνες μεγάλου μεγέθους έως σταγονίδια πολύ μικρού μεγέθους (ομίχλη). Η λογική χρήση του νερού όχι μόνο περιορίζει την απαιτούμενη ποσότητα για την κατάσβεση και ελαττώνει τη ζημιά που μπορεί να προκαλέσει το νερό, αλλά εξασφαλίζει ότι η χρήση του θα έχει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα. Οι αυλοί που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία διασπασμένης βολής (ομίχλης) έχουν καθιερωθεί στο συνήθη εξοπλισμό των οχημάτων της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας, ιδιαίτερα οι τύποι αυλών χαμηλής πίεσης που μπορούν να λειτουργήσουν και από τους σωλήνες της υψηλής πίεσης. Οι αυλοί αυτοί είναι αρκετά αποτελεσματικοί όταν χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, αλλά έχουν περιορισμένο βεληνεκές.

Για τη βολή ομίχλης με υψηλή πίεση, χρησιμοποιούνται ειδικές αντλίες και βοηθητικός εξοπλισμός, με αποτέλεσμα να εξασφαλίζουμε μεγαλύτερη ακτίνα δράσης, όμως η προμήθεια του ειδικού αυτού εξοπλισμού καθίσταται αντισυμβατική.

11.4.2 Ατμός

Ο ατμός χρησιμοποιείται σε μεγάλες ποσότητες για την κατάσβεση της πυρκαγιάς με αποστέρωση του οξυγόνου. Όταν ο ατμός είναι διαθέσιμος σε επαρκείς ποσότητες χρησιμοποιείται σε μόνιμες εγκαταστάσεις. Στα πλοία η διαμερισματοποίηση συμβάλλει αποτελεσματικά και υπάρχει πρόβλεψη, ώστε να είναι δυνατόν να διοχετευτεί ατμός υπό πίεση στα αμπάρια τους.

11.4.3 Αφρός και αφρογόνες ενώσεις

Μερικές από τις πιο επικίνδυνες ουσίες σε ότι αφορά τον κίνδυνο πυρκαγιάς είναι τα υγρά που έχουν ειδικό βάρος μικρότερο από εκείνο του νερού. Όταν χρησιμοποιείται νερό στην καίόμενη επιφάνεια ενός τέτοιου υγρού, υποβιβάζει τη θερμοκρασία του στιγμιαία και κατόπιν βυθίζεται κάτω από την επιφάνειά του με αποτέλεσμα να μην έχει παραπέρα καμία κατασβεστική επίδραση. Στην περίπτωση όμως των υγρών όπως τα οινόπνευματώδη, τα οποία αναμειγνύονται σε οποιαδήποτε αναλογία με το νερό, σχηματίζεται διάλυμα που μπορεί να διατηρήσει την καύση.

Όπως προαναφέρθηκε μια από τις μεθόδους που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατάσβεση της πυρκαγιάς είναι η αποστέρωση ή ο περιορισμός του οξυγόνου. Ο αφρός είναι σχετικά αδιάλυτος στα περισσότερα υγρά και λόγω του μικρού του βάρους επιπλέει στην επιφάνεια του υγρού και σχηματίζει ένα στρώμα ικανό να καλύψει την επιφάνεια του καίμενου υγρού, με αποτέλεσμα την κατάσβεση της πυρκαγιάς. Σχηματίζει επίσης φραγμό κατά της ακτινοβολούμενης θερμότητας, που έχει μεγάλη σημασία στην κατάσβεση πυρκαγιών πετρελαίου και βενζίνης.

Ο αφρός που χρησιμοποιείται από την Πυροσβεστική Υπηρεσία παράγεται συνήθως με την περιδύνηση του αφροδιαλύματος παρουσία αέρα. Οι ενώσεις αυτές περιέχουν μίγματα από αφροποιητικά, κολλώδη,

διαβρεκτικά στοιχεία και συμπυκνώματα υδρολυμένης πρωτεΐνης. Η παραπάνω χημική σύνθεση παράγει αφρό με τις καταλληλότερες ιδιότητες για γενική χρήση από τις πυροσβεστικές υπηρεσίες στην καταπολέμηση μεγάλων πυρκαγιών σε δεξαμενές πετρελαίου και βενζίνης. Παρασκευάζεται με οξική ή αλκαλική υδρόλυση τριμμένων οπλών και κεράτων ή αίματος ζώου.

Τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του αφρού είναι η αντίσταση στην ακτινοβολούμενη θερμότητα, η αποφυγή δημιουργίας ατμών από το υγρό καύσιμο και η διατήρηση του νερού που περιέχει. Όταν χρησιμοποιείται αφρός, αυτός πρέπει να ρέει εύκολα και να καλύπτει την επιφάνεια χωρίς να είναι πολύ υδαρής. Η πιο ικανοποιητική μέτρηση της αποτελεσματικότητας του αφρού ως κατασβεστικού στοιχείου, είναι η μικρότερη απαιτούμενη αναλογία για την κατάσβεση μιας πυρκαγιάς με αυτό το μέσο. Συνήθως ιδανική θεωρείται η αναλογία των 50 λίτρων αφρού ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας εδάφους ανά λεπτό, αν και στις περισσότερες περιπτώσεις η αναλογία θα μπορούσε να είναι μικρότερη.

Ο κοινός πρωτεϊνικός αφρός καταστρέφεται εύκολα από πολικούς διαλύτες όπως είναι οι αλκοόλες και οι κετόνες. Για το λόγο αυτό πρέπει να χρησιμοποιούνται ποσότητες αφρού έως και πέντε φορές πάνω από τα κανονικά. Οι αλκοολικοί αφροί και οι αφροί γενικής χρήσεως έχουν βελτιωθεί αρκετά, αλλά υπάρχουν μειονεκτήματα τα οποία πρέπει να υπερνικηθούν. Πολλές έρευνες έχουν γίνει για το μέσο της κατάσβεσης που είναι γνωστό ως "ελαφρύ νερό", το οποίο υπόσχεται πολλά για το μέλλον. Το ονομαζόμενο "ελαφρύ νερό" είναι ένας υπερφθοριωμένος υδρογονάνθρακας διαλυμένος στο νερό. Έτσι δημιουργείται αφρός που είναι λιγότερο ιξώδης από ότι συνήθως, χωρίς να χάνεται η αποτελεσματικότητά του και ρέει ευκολότερα επάνω στην επιφάνεια καλύπτοντάς την. Όταν η επιφάνεια

αναταράσσεται και έχουμε αναζωπύρωση, το "ελαφρύ νερό" λόγω μεγάλης επιφανειακής τάσης καλύπτει την επιφάνεια εξαιρετικά γρήγορα. Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με ξερή σκόνη, ιδιαίτερα τη σκόνη με βάση το κάλιο γνωστή ως "πορφυρό Κ". Ο συνδυασμός αυτός έχει σαν αποτέλεσμα τη γρήγορη κατάσβεση από την επίδραση της σκόνης, ενώ το ελαφρύ νερό καλύπτει την επιφάνεια ώστε να επιτευχθεί πλήρης κατάσβεση και να αποφευχθεί επανάφλεξη.

Ένας άλλος τύπος αφρού είναι γνωστός ως "αφρός υψηλής διόγκωσης", ο οποίος έχει αναλογία 1000 προς 1, αντί του περίπου 8 προς 1 για τους συνηθισμένους αφρούς. Ο αφρός υψηλής διόγκωσης χρησιμοποιείται στις ανθρακούχες πυρκαγιές σε χώρους όπου η πρόσβαση είναι δύσκολη και επιβάλλεται η κατάκλυση του χώρου με αφρό.

11.4.4 Εξατμιζόμενα υγρά (Halons)

Οι αλογομένοι υδρογονάνθρακες που χρησιμοποιούνται για την κατάσβεση πυρκαγιών, έχουν την ιδιότητα να ατμοποιούνται εύκολα όταν θερμανθούν και για το λόγο αυτό είναι γνωστοί ως εξατμιζόμενα υγρά. Αυτοί σχηματίζουν ένα σύννεφο ατμού που είναι πυκνό, άκαυστο, βαρύτερο από τον αέρα που όχι μόνο καλύπτει την καιόμενη επιφάνεια, απομονώνοντας τον αέρα, αλλά έχει επιπλέον την ιδιότητα να επεμβαίνει στην αναπαραγωγή της χημικής αντίδρασης της φλόγας του καιόμενου υλικού.

Τα εξατμιζόμενα υγρά έχουν ειδική χρήση στην κατάσβεση πυρκαγιών παρουσία ηλεκτρικού ρεύματος επειδή δεν είναι αγωγοί του ηλεκτρισμού και ακόμα δεν προκαλούν βλάβες στον ευαίσθητο ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Οι πυροσβεστήρες που περιέχουν τέτοιου είδους κατασβεστικά στοιχεία, είναι εξαιρετικά αποτελεσματικοί για την κατάσβεση πυρκαγιών στον εξοπλισμό εργαστηρίων ή για κατάσβεση πυρκαγιών σε μηχανές αυτοκινήτων. Το μεγαλύτερο είναι η

τοξικότητά τους που έχει οδηγήσει στην απόφαση απόσυρσης μερικών γνωστών κατασβεστικών μέσων της σειράς όπως το τετραχλωρίδιο του άνθρακα και του μεθυλοβρωμιδίου. Έτσι έχει μείνει ανοικτό το πεδίο στους πυροσβεστήρες "freon" επειδή, η εισαγωγή ενώσεων φθορίου τείνει να το καταστήσει λιγότερο τοξικό. Οι πιο κοινές ενώσεις που χρησιμοποιούνται είναι το χλωροβρωμομεθάνιο (CBM), βρωμο-χλωρο-διφθορομεθάνιο (BCF) και βρωμο-τριφθορο-μεθάνιο (BTM).

11.4.5 Διοξείδιο του άνθρακα και αδρανή αέρια

Στις συνήθεις θερμοκρασίες το διοξείδιο του άνθρακα είναι αέριο 1,5 φορές πυκνότερο του αέρα. Υγροποιείται και εμφιαλώνεται εύκολα κάτω από πίεση περίπου 50 bar. Ως κατασβεστικό μέσο δρα κατά τον ίδιο τρόπο με τα εξατμιζόμενα υγρά. Όταν χρησιμοποιείται ο πυροσβεστήρας του διοξειδίου του άνθρακα, το αέριο αποσπά θερμότητα από το περιβάλλον. Το διοξείδιο του άνθρακα σβήνει την φωτιά με απόπνιξη ή μείωση τα ποσότητας του οξυγόνου του αέρα. Για πλήρη κατάσβεση είναι απαραίτητο ο χώρος όπου βρίσκεται το καίόμενο υλικό να κατακλυστεί με διοξείδιο του άνθρακα, έτσι ώστε η συγκέντρωσή του στο χώρο να είναι 20 έως 30% κ.ο. Στην πραγματικότητα υλικά που περιέχουν οξυγόνο στην μάζα τους θα συνεχίσουν να καίγονται, όπως θα καίγεται κάθε υλικό (π.χ. το καίόμενο μαγνήσιο) που τείνει να αποσυνθέσει το διοξείδιο του άνθρακα. Πέρα από αυτές τις θεωρήσεις το διοξείδιο του άνθρακα εκτοξεύεται με ταχύτητα, δεν αφήνει υπολείμματα , δεν είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού, δεν είναι τοξικό και δεν προκαλεί φθορά στα περισσότερα υφάσματα.

Σε συνθήκες πυρκαγιάς σε θαλάμους μετασχηματιστών, όπου είναι επιθυμητή όλη η κατάκλυση του χώρου, θα πρέπει να ενσωματώνονται μόνιμες εγκαταστάσεις

διοξειδίου του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα διατίθεται σε μεγάλες ποσότητες στις πυροσβεστικές αρχές, μετά από ειδική συμφωνία με ορισμένους προμηθευτές, οι οποίοι συμφώνησαν να προμηθεύσουν δεξαμενές χωρητικότητας 10 τόνων υγρού διοξειδίου του άνθρακα σε κάθε πυρκαγιά εφόσον ζητηθεί.

Ως εναλλακτική λύση για το διοξείδιο του άνθρακα, έχουμε το υγρό άζωτο σε μεγάλες ποσότητες ή σε κυλίνδρους που περιέχουν αέριο και το οποίο θα μας δώσει την ίδια αδρανή ατμόσφαιρα ή απομόνωση που είναι αναγκαία για την επιτυχή κατάσβεση. Έχουν επίσης αναπτυχθεί διάφορα συστήματα αδρανών αερίων που χρησιμοποιούν τα προϊόντα της καύσης του πετρελαίου. Τα συστήματα αυτά απαντώνται στα αμπάρια ή τις δεξαμενές των πλοίων για να κατακλύσουν τα φορτία. Η έρευνα συνεχίζεται για να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητα των αδρανών αερίων που παράγονται από τις κινητές γεννήτριες για όλες τις κατηγορίες πυρκαγιών. Το έργο αυτό όμως βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο.

11.4.6 Ξερές χημικές σκόνες

Πολλά προβλήματα έχουν δημιουργηθεί για τον πυροσβέστη επειδή στη βιομηχανία αναπτύσσονται διαρκώς νέα υλικά. Τα πλαστικά είναι ένα παράδειγμα και η παραγωγή τιτανίου, ζirkονίου, βηρυλλίου και άλλων μετάλλων αποτελούν τέτοιου είδους παραδείγματα. Το νερό δεν πρέπει να χρησιμοποιείται συχνά. Στις περισσότερες πυρκαγιές που εμπλέκονται καίόμενα μέταλλα με αποτέλεσμα χρήσης νερού μπορεί να αποβεί εξαιρετικά καταστροφικό και έτσι έχουν αναπτυχθεί νέες μέθοδοι κατάσβεσης. Η κυριότερη ανάμεσα σε αυτές τις μεθόδους κατάσβεσης είναι αυτή με τις χημικές σκόνες που αποθηκεύονται σε κυλίνδρους υπό πίεση ή μπορούν να εκτοξευτούν με την απελευθέρωση αερίου.

Η βάση των περισσότερων χημικών σκονών είναι το όξινο ανθρακικό νάτριο. Αυτό με την προσθήκη ενός στεατικού άλατος, που καθιστά αδιάβροχες τις σκόνες, χρησιμοποιείται ευρύτατα ως κατασβεστικό μέσο όχι μόνο στους πυροσβεστήρες, αλλά και για γενική χρήση σε μεγάλες ποσότητες. Μερικές φορές χρησιμοποιούνται και άλλα πρόσθετα εκτός από τα στεατικά άλατα για να μειωθεί ο όγκος της σκόνης και να συσκευασθεί σε δοχεία μικρότερου όγκου.

Η ξερή σκόνη εκτοξεύεται από τα δοχεία με την πίεση του αερίου από ειδικά σχεδιασμένα ακροφύσια και κατευθύνεται στην πυρκαγιά με τη μορφή συμπυκνωμένου νέφους. Αυτό το νέφος δημιουργεί ένα παραπέτασμα μεταξύ χειριστή και φλογών με αποτέλεσμα να υπάρχει δυνατότητα προσβολής της πυρκαγιάς από κοντά. Η ξερή χημική σκόνη προμηθεύεται επίσης σε σακούλες πολυαιθυλενίου καθώς είναι πολύ αποτελεσματικό να καλύψουμε την πυρκαγιά κάτω από ένα σωρό σάκων που λιώνουν και επιτρέπουν στο περιεχόμενό τους να καταπνίξει την πυρκαγιά.

Ειδικές σκόνες έχουν παραχθεί για μερικές πυρκαγιές μετάλλων, ειδικά για τα ραδιενεργά μέταλλα, όπως είναι το ουράνιο και το πλουτώνιο. Αυτές είναι γνωστές ως τριαδικά ευτηκτικά μίγματα χλωριδίων που ερευνήθηκαν και τελειοποιήθηκαν από την Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας της Μ. Βρετανίας. Οι σκόνες αυτές περιέχουν ένα συστατικό το οποίο λιώνει και στη συνέχεια ρέει σχηματίζοντας μια κρούστα πάνω στο καίόμενο μέταλλο, απομονώνοντας αυτό αποτελεσματικά από το περιβάλλον, με αποτέλεσμα την απομόνωση της πυρκαγιάς. Επίσης οι ξερές χημικές σκόνες ελέγχθηκαν για τον βαθμό ανάμιξής τους με τον αφρό καθώς ανακαλύφθηκε ότι οι πρώτες σκόνες διέλυαν τον αφρό, ενώ θα έπρεπε τα δυο υλικά να αλληλοσυμπληρώνονται στην πυρκαγιά, όπου ο αφρός αποτελεί το βασικό κατασβεστικό μέσο.

11.4.7 Κατάσβεση με επικάλυψη

Άλλη μια μέθοδος με την οποία μπορεί να κατασβεσθεί μια πυρκαγιά, ειδικά στην περίπτωση ατόμων που ο ρουχισμός τους έπιασε φωτιά, είναι η επικάλυψη. Το άτομο πρέπει να πέσει κάτω και να σκεπαστεί ή να κυλιέται στο έδαφος καλυμμένο με ένα χαλί, σακάκι, μπουφάν, μάλλινη κουβέρτα κ.τ.λ. Για την αντιμετώπιση πυρκαγιών σε μικρά οικιακά σκεύη, όπως αυτά που περιέχουν μαγειρικά λίπη, η καλύτερη μέθοδος είναι η απόπνιξη της πυρκαγιάς με μια κουβέρτα αμιάντου ή ένα παρόμοιο υλικό όπως το χαλί της πόρτας το οποίο προηγουμένως έχει βραχεί.