Sadržaj

1.GASOVI U GASNOJ TEHNICI 17
1.1 Vrste gorivih gasova i podela u odnosu na njihove osobine 17
1.1.1 Opšti pojmovi o gasovima 18
1.1.2 Čistoća gasova 18
1.1.3. Specifična gustina gasova 19
1.1.4. Zapremina gasa 20
1.1.5. Količina gasa u kubnom metru 20
1.1.6. Merenje pritiska gasa 20
1.1.7. Sagorevanje gasova 21
1.1.8. Toplotna moć gasa – zavarivanje železnih materijala sa zemnim i TNG gasovima 22
1.1.9. Temperatura samopaljenja gasova 23
1.1.10. Brzina širenja plamena 23
1.1.11. Promene zapremine gasa u zavisnosti od temperature 23
1.1.12. Promena zapremine gasa u zavisnosti od pritiska 24
1.1.13. Pritisak pare ugljovodonika 24
1.2. Vrste gasova koji se koriste u tehnici zavarivanja i rezanja u kiseoniku i vazduhu 25
1.2.1. Acetilen (C_2H_2) 25
1.2.2. Kiseonik (O_2) 26
1.2.3. Smeša Propan-Butan (TNG gas) 27
1.2.4. HGKS propan 28
1.2.5. Vodonik 29
1.2.6. Prirodni (Zemni) gas 30
1.2.7. Koksni gas 31
1.2.8. Gas iz naftnih škriljaca 32
1.2.9. Benzin, benzen, petroleum i dizel 32
1.2.10. MAPP gas 33
1.2.11. Grison (GRIESON®) 33
1.2.12. Propilen (C_3H_6) 34
1.2.13. Vazduh 35
1.2.14. Azot (N_2) 35
1.3. Izbor gorivog gasa za rad! 36
1.3.1. Potrebna količina kiseonika za sagorevanje acetilena 37
1.3.2. Potrebna količina kiseonika za sagorevanje ostalih gasova 38
1.3.3. Norma sat kod gasne tehnike 38
1.4. Primarno i sekundarno sagorevanje ugljovodonika 39
1.4.1. Upotreba gasova u zavisnosti od načina njihovog sagorevanja 40
1.4.2. Redukujući (naugljenisavajući) acetilenski plamen 40
1.4.3. Neutralni acetilenski plamen 41
1.4.4. Oksidacioni (oksidišući) acetilenski plamen 42

1.4.5. Plamen prirodnog gasa ... 42
1.4.6. Druge vrste plamena gorivih gasova ... 43
1.4.7. Meki i tvrdi plamen ... 43
2. OPREMA ZA GASNU TEHNIKU ... 44
2.1. Kolica za autogeni komplet ... 44
2.2. Boce za tehničke gasove ... 46
2.2.1. Opšte osobine boca za tehničke gasove ... 46
2.2.2. Boce za acetilen ... 51
2.2.3. Boce za kiseonik ... 54
2.2.4 Boca za MAPP gas ... 55
2.2.5. Boce za TNG (LPG) ... 56
2.2.6. Boca za vodonik ... 57
2.2.7. Boce za metan ... 57
2.3. Ventili na bocama ... 58
2.3.1. Regulacioni ventili ... 60
2.3.2. Regulacioni ventil kiseonika za vreme hladnih dana ... 62
2.3.3. Razlika između regulacioni ventila ... 62
2.3.4. Dvostruki razvodni ventil ... 65
2.3.5. Zaštita ventila od eksplozije usled nadpritiska ... 65
2.4. Manometri i njihov princip rada ... 66
2.4.1. Kako naručiti manometre? ... 66
2.4.2. Opseg merenja manometara ... 67
2.4.3. Kada se menja boca? ... 67
2.4.4. Zaštite na manometru ... 67
2.5. Regulacioni ventili sa indikatorom pritiska ... 68
2.6. Creva za autogene komplete ... 69
2.6.1. Slojeviti sastav creva ... 70
2.6.2. Obeležavanje creva ... 70
2.6.3. Dimenzije creva ... 70
2.6.4. Paralelno spajanje creva ... 71
2.6.5. Pad pritiska u crevima ... 72
2.6.6. TNG savitljiva creva za autogeno rezanje ... 72
2.6.7. Ponovno korišćenje creva ... 73
2.7. Nepovratni (suvi) ventili i nosači creva ... 73
2.7.1. Princip rada suvog ventila ... 73
2.7.2. Montaža i demontaža suvog ventila-osigurači ... 74
2.7.3. Suvi ventil sa resetovanjem ... 74
2.7.4. Vek trajanja suvih ventila ... 75
2.7.5. Dimenzionisanje suvih ventila ... 75
2.7.6. Nepovratni ventili za mašinsko rezanje ... 75
2.7.7. Nepovratni ventil ... 76
2.7.8. Nepovratni vodeni ventili ... 76
2.7.9. Zašto postavljati ventile sigurnosti na liniju kiseonika? ... 76
2.7.10. Povezivanje creva velike dužine ... 76
2.8. Brze spojke za creva ... 77
2.9. Rukohvat (nosač) gorionika ... 78
2.9.1. Minijaturni nosač gorionika ... 80
2.9.2. Upotreba nosača gorionika - rukohvata za različite gorive gasove ... 80
2.10. Gorionici - mlaznice (duvaljke) - plamenici za zavarivanje ... 80
2.10.1. Gorionici sa mestom mešanja u mlaznici ... 82

2.10.2. Injektorski gorionici ... 83
2.10.3. Gorionici za petrolej-kiseonik ... 83
2.10.4. Gorionici za zagrevanje ... 83
2.10.5. Mlaznice za grejanje ... 85
2.10.6. Gorionici za mešavine vazduh-gorivi gas ... 85
2.10.7. Gorionici za nanošenje metala - metalizaciju ... 86
2.10.8. Višeplameni gorionici za ravnanje ... 86
2.10.9. Linijski gorionik sa više mlaznica za čišćenje metalnih površina ... 87
2.11. Upaljači gorionika ... 87
2.12. Igle za čišćenje mlaznice ... 88
2.13. Zavarivačko ogledalo i univerzalni ključ ... 88
2.14. Ugaoni magnet ... 88
2.15. Razvijači acetilena ... 89
3. OPREMA ZA GASNO PLAMENO REZANJE (GASNO REZANJE) ... 90
3.1. Gorionici za rezanje ... 90
3.2. Mlaznice za rezanje-dizne ... 93
3.2.1. Materijal za izradu mlaznica za rezanje ... 93
3.2.2. Izbor mlaznice na gorioniku za rezanje ... 93
3.2.3. Mlaznice za skidanje zakivaka i rezanja metalnih bradavica ... 94
3.2.4. Konstruktorskih rešenja mlaznica za rezanje ... 95
3.2.5. Obeležavanje mlaznica ... 95
3.2.6. Da li se mogu koristiti mlaznice za acetilen za rad sa drugim gasovima i obrnuto? ... 96
3.2.7. Oblik mlaznica ... 96
3.2.8. Zašto zaposleni vole da koriste veće mlaznice? ... 97
3.3. Pomoćna oprema koja se koristi za rezanje ... 99
3.3.1. Kolica i šestar za rezanje ... 99
3.4. Oprema za rezanje petrolejom, dizelom, benzinom i benzenom ... 99
3.4.1 Boce i njena opremom za rezanje sa dizelom, petrolejom, benzinom i benzenom ... 100
4. STABILNI CEVOVODI ZA GASOVE ... 102
4.1. Veza stabilnog sistema sa crevima ... 102
4.2. Filter za sve gasove ... 103
4.3. Filter za TNG i prirodne gasove ... 103
4.4. Nosač manometra za stabilne sisteme ... 104
4.5. Trenutno prekidni ventili na stabilnim sistemima ... 104
4.6. Elektromagnetni i elektromotorni ventili ... 105
4.7. Senzori sistema ... 105
4.8. Zidni nosač creva za radionice ... 105
4.9. Cevovodi i armatura za cevovode za acetilen ... 105
4.10. Cevovodi za kiseonik ... 107
4.11. Armatura na cevovodima za kiseonik ... 107
4.12. Cevovodi za prirodni gas ... 107
4.13. Ostvarivanje galvanske neprekidnosti instalacije za prirodni gas ... 108
4.14. Mere zaštite pri prvom puštanju u rad cevovoda prirodnog gasa ... 109
4.15. Obezbeđenje instalacije prirodnog gasa od požara i eksplozije ... 110
4.16. Radovi na instalaciji prirodnog gasa ... 111
4.17. Cevovodi za TNG gasove ... 111
5. RUKOVANJE SA OPREMOM ZA ZAVARIVANJE ... 113
5.1. Rad u zimskim uslovima ... 113
5.2. Prvo puštanje u rad opreme za gasno zavarivanje ... 113
5.3. Puštanje u rad korišćene opreme za rezanje ... 115

5.4. Paljenje i gašenje smeše na gorioniku za rezanje ... 115
6. SKLADIŠTENJE ZAPALJIVIH TEČNOSTI I TEHNIČKIH GASOVA ... 117
6.1. Skladištenje kiseonika ... 118
6.2. Skladištenje acetilena ... 120
6.3. Skladištenje TNG u slobodnom ili natkrivenom prostoru ... 121
6.4. Skladištenje vodonika ... 122
6.5. Skladištenje metana (zemni, odnosno prirodni gas) ... 123
6.6. Prevoz i skladištenje propilena ... 123
7. KVAROVI, PRASKANJE I ZVIŽDANJE U GORIONIKU I POVRATNI UDAR PLAMENA ... 124
7.1. Povratni udar plamena injektorskog gorionika ... 124
7.2.Povratni udar plamena gorionika visokog pritiska ... 125
7.3. Povratni udar plamena kod uređaja sa rezanje sa tečnim gorivima ... 125
7.4. Šta uraditi kada se desi povratni udar plamena u gorioniku ... 126
7.5. Praskanje, zviždanje ili povratni udar plamena? ... 126
8. GASNO ZAVARIVANJE ... 127
8.1. Šta je gasno zavarivanje? ... 127
8.1.1. Značaj gasnog zavarivanja na gradilištu ... 128
8.2. Osnovni pojmovi u zavarivanju ... 131
8.2.1. Šta je zavareni spoj? ... 131
8.2.2 Način izrade žlebova za zavarivanje ... 132
8.2.3. Šta je zavar? ... 132
8.2.4. Izbor vrste sučeonog žleba kod gasnog zavarivanja ... 132
8.3. Položaji zavarivanja ... 133
8.4. Tehnologija gasnog zavarivanja ... 139
8.4.1. Projektovanje i priprema spoja za zavarivanje i izrada žleba ... 139
8.4.2. Izbor brzine zavarivanja ... 140
8.4.3 Izbor parametara zavarivanja ... 140
8.4.4. Dodatni materijali i topitelji ... 141
8.4.5. Izbor prečnika dodatnog materijala za gasno zavarivanje mekih čelika ... 142
8.4.6. Topitelji ... 144
8.5. Tehnika zavarivanja ... 145
8.5.1. Tehnika unazad je „bolja i brža“ od tehnike unapred ... 146
8.5.2. Gasno zavarivanje u horizontalnom položaju ... 149
8.5.3. Gasno zavarivanje u vertikalnom položaju ... 153
8.5.4. Nadglavno gasno zavarivanje ... 155
8.5.5. T spojevi - svi položaji ... 156
8.5.6. Zavarivanje elemenata cevi ... 156
8.6. Gasno zavarivanje pritiskom ... 170
8.7. Kovačko zavarivanje udaranjem ... 173
8.7.1. Kovačko zavarivanje u stegi ... 174
9. ZAGREVANJE, SAVIJANJE I KALJENJE GASNIM POSTUPKOM ... 175
9.1. Naponi u konstrukciji prouzrokovani zavarivanjem ... 176
9.2. Savijanje cevi ... 176
9.3. Savijanje debelozidnih cevi ... 177
9.3.1. Savijanja cevi ispunjene peskom ... 177
9.3.2. Savijanje šavnih cevi i mesinganih cevi ... 178
9.3.3. Savijanje aluminijumskih cevi ... 178
9.3.4. Savijanje molibdenskih i hrom-molibdenskih čeličnih cevi ... 178
9.4. Ispravljanje toplotom ... 178

9.4.1. Ispravljanje i savijanje konstrukcionih profila ... 179
9.4.2. Zagrevanje istegnute strane i injekcija ... 179
9.5. Kaljenje ... 180
9.5.1. Uvod u kaljenje praktičan deo ... 180
9.5.2. Uvod u kaljenje – teorijski deo ... 181
9.5.3. Cilj kaljenja ... 185
9.5.4. Površinsko kaljenje oksiacetilenskim postupkom ... 185
9.5.5. Kaljenje površine velikih delova ... 186
9.5.6. Otpuštanje ... 186
10. ZAVARIVANJE ŽELEZNIH I NEŽELEZNIH MATERIJALA ... 188
10.1. Zavarljivost ugljeničnih čelika gasnom tehnikom ... 188
10.2. Zavarljivost legiranih čelika gasnom tehnikom ... 189
10.3. Zavarivanje čeličnog liva gasnom tehnikom ... 189
10.4. Zavarivanje livenih gvožđa gasnom tehnikom ... 189
10.5. Reparaturno zavarivanje gasnom tehnikom ... 190
10.6. Sivi liv ... 190
10.7. Belo liveno gvožđe ... 191
10.8. Nodularni sivi liv (duktilno gvožđe) ... 191
10.9. Vermikularni liv – isprepletano liveno gvožđe ... 192
10.10. Temper liv ... 192
10.11. Crni temper liv ... 192
10.12. Odbeljena gvožđa ... 192
10.13. Beli temper liv ... 193
10.14. Gasno zavarivanja livenog gvožđa sa potpunim predgrevanjem ... 193
10.14.1. Dodatni materijali za zavarivanje sivog liva i livenih gvožđa ... 193
10.14.2. Zavarivanje na toplo livenih gvožđa ... 194
10.14.3. Gasno zavarivanja livenog gvožđa sa delimičnim predgrevanjem ... 194
10.14.4. Gasno zavarivanja livenog gvožđa na hladno ... 194
10.14.5. Sučeono zavarivanje livenog gvožđa debljine 12-20 mm ... 194
10.15. Spojevi debelih limova i cevi ... 195
10.16. Zavarivanje polomljenog odlivka ... 196
10.17. Zavarivanje neželeznih materijala ... 197
10.17.1. Zavarivanje preseka od bakra ... 198
10.17.2. Tehnologija zavarivanja preseka od mesinga ... 200
10.17.3. Tehnologija zavarivanja preseka od bronze ... 201
10.17.4. Tehnologija zavarivanja aluminijuma i njegovih legura ... 201
10.17.5. Zavarivanje legura magnezijuma ... 204
10.17.6. Tehnologija zavarivanja cinka ... 205
10.17.7. Zavarivanje olova ... 206
10.17.8. Zavarivanje ostalih metala ... 206
11. LEMLJENJE ... 207
11.1. Vrste lemljenja ... 207
11.1.1. Vrste zalemljenih spojeva ... 209
11.1.2. Izračunavanje dužine preklopnog spoja ... 210
11.2. Lemovi ... 211
11.2.1. Izbor lema ... 211
11.2.2. Označavanje lemova i lemljenja na crtežima ... 211
11.2.3. Lemljivost (kvašenje površine) ... 212
11.2.4. Metalurške reakcije i intermetalna jedinjenja ... 213
11.2.5. Likvidus i solidus kod lema. Pojam likvacije. ... 213

11.3. Tehnika gasnog lemljenja ... 214
11.3.1. Zazor i podešavanje spoja ... 215
11.3.2. Pravilno postavljanje delova za lemljenje ... 217
11.3.3. Pravilno zagrevanje i hlađenje zalemljenog spoja ... 218
11.3.4. Izbor vrste acetilenskog plamena za lemljenje ... 218
11.3.5. Dovođenje dodatnog materijala na lice spoja pri gasnom lemljenju ... 218
11.3.6. Izbor lema ... 220
11.4. Topitelji ... 221
11.4.1.Pakovanje i način primene topitelja ... 223
11.4.2. Označavanje topitelja ... 224
11.4.3. Topitelji za meko lemljenje ... 224
11.4.4. Topitelji za tvrdo lemljenje ... 224
11.4.5. Nanošenje topitelja ... 225
11.4.6. Odstranjivanje topitelja ... 226
11.5. Meko lemljenje ... 226
11.5.1. Prevlačenje tankim slojem metala kod mekog lemljenja ... 227
11.5.2. Meki lemovi ... 227
11.5.3. Isporuka lemova ... 230
11.5.4. Oprema za meko lemljenje ... 230
11.5.5. Izbor vrste plamena za meko lemljenje pocinkovanih čeličnih elemenata ... 232
11.5.6. Oblici spojeva kod mekog lemljenja pocinkovanih čeličnih elemenata ... 232
11.5.7. Izbor dodatnog materijala za meko lemljenje pocinkovanih čeličnih elemenata ... 232
11.5.8. Meko lemljenje bakarnih cevi ... 233
11.6. Tvrdo lemljenje ... 235
11.6.1. Tvrdi lemovi ... 236
11.6.2. Tvrdo lemljenje osnovnih metala ... 239
11.7. Zavarivačko lemljenje ... 242
11.7.1. Dodatni materijali za zavarivačko lemljenje ... 243
11.7.2. Tehnika zavarivačkog lemljenja ... 243
11.7.3. Materijali koji se zavarivački leme ... 243
11.7.4. Priprema elemenata za zavarivačko lemljenje ... 244
11.7.5. Podešavanje plamena ... 244
11.7.6. Predgrevanje osnovnog materijala ... 244
11.7.7. Nanošenje topitelja ... 245
11.7.8. Nanošenje metalnog sloja na stranice lemnog mesta ... 245
11.7.9. Početak zavarivačkog lemljenja ... 246
11.7.10. Višeprolazno zavarivačko lemljenje ... 246
11.7.11. Unošenje toplote pri zavarivačkom lemljenju ... 246
11.7.12. Ispitivanje nepoznatog uzorka dodatnog materijala za zavarivačko lemljenje ... 246
12. KVALIFIKACIJA ZAVARIVAČA - ATESTIRANJE ZAVARIVAČA I IZDAVANJE UVERENJA ZAVARIVAČIMA ... 247
12.1. Pregled kontinuiteta uverenja ... 247
12.2. Rok važnosti uverenja ... 247
12.3. Izdavanje uverenja ... 248
12.4. Područje uverenja o stručnoj osposobljenosti zavarivača ... 248
12.5 Označavanje ... 249
12.5.1. Objašnjenje pojedinih pojmova prilikom označavanja atesta ... 249
12.6 Pravila prema starim standardima ... 255
12.7. Pravilna procedura zavarivanja - sledljivost kao mogućnost utvrđivanja istorijata zavara ... 258
13. GASNO REZANJE ... 260

13.0.1. Termičko rezanje ... 260
13.0.2. Mehanička obrada ivice žleba ... 261
13.1. Gasno rezanje u struji kiseonika ... 262
13.1.1. Uslovi pod kojim metal može da se reže u struji kiseonika ... 262
13.2. Tehnika gasnog rezanja ... 264
13.2.1. Obuke i odgovornosti zaposlenih ... 264
13.2.2. Teoretska obuka rada sa brenerom za rezanje ... 265
13.2.3. Pre nego što se upali gorionik ... 265
13.2.4. Podešavanje pritiska kiseonika ... 265
13.2.5. Određivanje pritiska gasova za rezanje ... 266
13.3. Predgrevanje materijala za rezanje ... 266
13.3.1. Podešavanje predgrevajućeg plamena ... 266
13.3.2. Jakoredukujući acetilenski plamen ... 267
13.3.3. Slaboredukujući acetilenski plamen ... 267
13.3.4. Neutralni acetilenski plamen ... 267
13.3.5. Slabooksidacioni acetilenski plamen ... 267
13.3.6. Jakooksidacioni acetilenski plamen ... 268
13.3.7. Redukujući plamen prirodnog gasa ... 268
13.3.8. Oksidišući plamen prirodnog gasa ... 268
13.3.9. Neutralni plamen prirodnog gasa ... 268
13.4. Priprema metala za rezanje ... 268
13.4.1. Slobodan prostor za izbacivanje produkata sagorevanja ... 269
13.5. Postupak predgrevanja površine metala za rezanje ... 269
13.6. Početak rezanja ... 270
13.6.1. Pravilan redosled rezanja ... 270
13.6.2. Početak rezanje punih šipki i cevi ... 270
13.6.3. Ravno rezanje cevi ... 270
13.6.4. Rezanje zakošene ivice na cevima ... 271
13.6.5. Rezanje mitralnih ivica ... 271
13.6.6. Početak rezanja lima od ivice lima ... 294
13.6.7. Probijanje rupa i početak rezanja sa probijanjem rupa ... 294
13.6.8. Osnovni parametri za izradu visokokvalitetnog reza kod gasnog rezanja ... 295
13.7. Snaga plamena ... 296
13.7.1. Brzina rezanja ... 296
13.7.2. Zaostajanje - otklon ... 296
13.7.3. Ugao nagiba mlaznice u odnosu na pravac kretanja ... 296
13.7.4. Povećavanje brzine rezanja ... 297
13.8. Rezanje klaćenjem gorionika u zavisnosti od vrste materijala ... 298
13.8.1. Izrada vertikalnog reza ... 298
13.8.2. Kosi rezovi ... 299
13.8.3. Širina proreza ... 299
13.8.4. Izrada reza sa istim osobinama celom dužinom ... 300
13.8.5. Šta ako mora da se prekine kvalitetan rez? ... 300
13.9. Rezanje debelih limova ... 301
13.9.1. Rezanje naslaganih limova ... 301
13.9.2. Rezanje limova acetilenom do 100mm ... 302
13.9.3. Rezanje čelika do debljine do 300 mm kiseonikom niskog pritiska ... 302
13.9.4. Rezanje limova čije debljine prelaze 300mm ... 302
13.9.5. Predgrevanje limova debljih od 300mm ... 303
13.9.6. Urezivanje debelih limova preko 300mm ... 304

13.9.7. Pojava proširenja reza kod rezanja limova debljine preko 300 mm 304
13.9.8. Rezanje debelih limova preko 300 mm sa propanom i smešom propana i prirodnog gasa 304
13.10. Rezanje raznih materijala 305
13.10.1. Zona uticaja toplote pri gasnom rezanju - ZUT 305
13.10.2. Uticaj osnovnih legirajućih elemenata na proces rezanja 306
13.10.3. Zbirni uticaj svih legirajućih elemenata 308
13.10.4. Predgrevanje i grejanje u toku procesa rezanja 309
13.10.5. Rezanje hrom-nikl čelika koji ne zahtevaju termičku obradu pre i posle rezanja 309
13.10.6. Rezanje hrom-nikl čelika koji se režu bez teškoća, koji nakon rezanja zahtevaju specijalnu obradu 310
13.10.7. Rezanje hrom-nikl čelika koji se dobro režu tek uz termičku obradu pre i posle rezanja 310
13.10.8. Rezanje čelika koji su skloni vazdušnom kaljenju 310
13.10.9. Rezanje livenih gvožđa 310
13.10.10. Rezanje vrućeg čelika 312
13.10.11. Rezanje odlivaka od neumirenog čelika 312
13.10.12. Rezanje visokougljeničnih čelika i livenog gvožđa termohemijskim postupkom 313
13.10.13. Rezanje visokougljeničnih čelika i livenog gvožđa uklanjanjem oksida hemijskim postupkom 315
13.10.14. Rezanje visokougljeničnih čelika i livenog gvožđa uz pomoć mehaničkog postupka uklanjanja oksida 315
13.11. Specijalne vrste rezanja, žlebljenja i bušenja sa kiseonikom i vazduhom 315
13.11.1. Rezanje sa vrlo malom količinom acetilena ili bez njega 315
13.11.2. Probijanje rupa kiseoničnim kopljem 315
13.11.3. Rezanje kiseonikom bez upotrebe gorivih gasova 317
14. ŽLEBLJENJE KISEONIKOM 318
14.0. Metode žlebljenja 318
14.0.1. Oblast primene žlebljenja 318
14.1. Plameno kiseonično žlebljenje 318
14.1.1. Tehnologija plamenog kiseoničnog žlebljenja 319
14.1.2. Kiseonično žlebljenje sa prahom pod pritiskom 319
14.2. Vazdušno elektrolučno rezanje i žlebljenje metala 320
14.2.1. Primena postupka vazdušnog rezanje u električnom luku 320
14.2.2. Vrste gasova za rezanje u električnom luku 320
14.2.3. Tehnologija elektro rezanja kiseonikom 321
14.2.4. Tehnologija elektro rezanja vazduhom 321
14.2.5. Materijali koji se mogu rezati grafitnom bakljom u električnom luku 321
14.2.6. Obuka rezača 322
14.2.7. Oprema za žlebljenje 322
14.2.7. Uspostavljanje luka između baklje i radnog komada 322
14.2.8. Prekomerno izgaranje bakarne prevlake 325
14.2.9. Obogaćivanje ugljenikom osnovnog materijala 325
14.2.10. Žlebljenje raznih materijala 325
15. GREŠKE I DEFORMACIJE PRI GASNOM REZANJU 327
15.1. Greške pri gasnom rezanju 327
15.2. Deformacije metala pri rezanju i njihovo smanjenje 329
16. PLAZMA REZANJE I PLAZMA ŽLEBLJENJE 334
16.0. Kako nastaje plazma gas? 335
16.1. Brzina plazma rezanja 335
16.2. Pregled razvoja postupaka rezanja plazmom koje koriste kiseonik (vazduh) 335
16.2.1. Plazma rezanje vazduhom 335

16.2.2. Rezanje vazduhom ispod vode ... 336
16.2.3. Plazma rezanje kiseonikom ... 336
16.3. Smernice za izbor gasa za rezanje plazmom ... 337
16.4. Izbor plazma aparata ... 337
16.5. Oprema koja ide uz plazma aparate ... 338
16.6. Rezervni i potrošni delovi za ručno rezanje ... 338
16.7. Maksimalna debljina materijala kod plazma rezanja ... 339
16.8. Intermenca kod plazma aparata ... 339
16.9. Žlebljenje pomoću plazma aparata ... 340
16.10. Tehnika rezanja ... 340
16.10.1. Tehnika mašinskog rezanja plazma aparatom ... 340
16.10.2. Postavljanje materijala za rezanje kod mašinskog rezanja ... 340
16.10.3. Tehnika ručnog rezanja plazma aparatom ... 341
16.10.4. Početak rezanja sa plazma aparatom ... 341
16.10.5. Bušenje rupa sa plazma aparatom ... 341
16.10.6. Završetak rezanja ... 341
16.10.7. Greške koje se mogu javiti prilikom rezanja ... 341
16.10.8. Tehnologija rada sa plazma aparatima ... 342
16.11. Izbor snabdevača vazduha za plazma rezanje ... 342
16.11.1. Plazma aparati koji su predviđeni za korišćenje kiseonika kao radnog gasa ... 343
16.11.2. Plazma aparati koji su predviđeni za korišćenje azota ... 343
16.11.3. Plazma aparati koji imaju opciju zaštitnog gasa ... 344
16.12. Spajanje plazma aparata za rezanje sa mrežnim naponom i snabdevačem vazduha ... 344
16.12.1. Linija od rezervoara kompresora do plazma aparata – pripremna grupa vazduha ... 344
16.12.2. Moguće greške i uklanjanje istih ... 345
17. OKSIGASNO NAVARIVANJE I METALIZACIJA U ODRŽAVANJU ... 346
17.0.1. Koji od postupak nanošenja metala primeniti? ... 347
17.0.2. Šta se sa nanetim materijalom može postići? ... 348
17.0.3. Tvrdoća prevlake i navara ... 348
17.0.4. Tvrdoća u crvenom žaru – otpornost na popuštanje prevlake i navar ... 349
17.0.5. Merenje tvrdoće prevlake i navara ... 349
17.0.6. Smanjenje habanja površinskog sloja ... 350
17.0.7. Ispitivanje habanja - test ASTM G-65 ... 351
17.0.8. Žilavost - otpornost prevlake i navara prema udaru ... 352
17.0.9. Pojam nulte plastičnosti ... 354
17.0.10. Povećavanje žilavosti prevlake i navara ... 355
17.0.11. Otpornost prema oksidaciji prevlake i navara ... 355
17.0.12. Otpornost prema koroziji materijala prevlake i navara ... 355
17.0.13. Otpornost prevlake i navara prema abraziji materijala (gubitak mase) ... 356
17.0.14. Otpornost materijala prevlake i navara prema eroziji (gubitak mase usled erozije) ... 357
17.0.15. Habanje metala prevlake ili navara sa metalom ... 357
17.0.16. Mašinska obradivost prevlake i navara ... 357
17.0.17. Platiniranje ... 358
17.0.18. Navarivanje tvrdog metala ... 358
17.0.19. Stepen mešanja ... 359
17.0.20. Smanjenje broja slojeva ... 360
17.0.21. Pojam nanošenja plastičnog međusloja ... 360
17.0.22. Sprečavanje vitoperenja i deformacija pri navarivanju ... 361
17.0.23. Poprečne prslina u navaru ... 361
17.0.24. Metod proračuna uštede novca sa navarivanjem i metalizacijom ... 362

17.1. Gasno navarivanje ... 362
17.1.1. Karbidi ... 364
17.1.2. Izbor dodatnog materijala za gasno navarivanje ... 365
17.1.3. Izbor legura dodatnih materijala za zaštitu od habanja ... 365
17.1.4. Familija martenzitnih legura za navarivanje ... 366
17.1.5. Familija legure za navarivanje alatnih čelika ... 367
17.1.6. Familija austenitnih legure za navarivanje radi smanjenja habanja ... 369
17.1.7. Familija austenitnih visokohromno manganskih gvožđa ... 371
17.1.8. Familija austenitnih visokohromnih gvožđa ... 371
17.1.9. Karbidi hroma u austenitnom gvožđu ... 372
17.1.10. Složeni karbidi hroma u austenitnom gvožđu ... 373
17.1.11. Čvornovata šipka sa krupnim volfram karbidima (tungsten carbid) ... 374
17.1.12. Familija kobaltnih legura za gasno navarivanje-steliti ... 375
17.2. METALIZACIJA ... 375
17.2.1. Hladna i topla metalizacija ... 376
17.2.2. Dodatni materijali za gasnu metalizaciju. Izbor materijala prevlake ... 377
17.2.3. Vlažnost vazduha pri metalizaciji ... 378
17.2.4. Slojevitost kao posledica negativnog uticaja vremena ... 378
17.2.5. Međusobna zavisnost poroznosti i unutrašnjih napona ... 378
17.2.6. Tehnike oksigasnog nanošenje metalne prevlake ... 378
17.2.7. Tehnika prskanja površine metalom ... 380
17.2.8. Vrste „pištolja“ za gasnu metalizaciju ... 380
17.2.9. Priprema površine za metalizaciju ... 381
17.2.10. Zaštita površina na koje se ne nanosi prevlaka- maskiranje ... 382
17.2.11. Debljina prevlake ... 382
17.2.12. Određivanje ukupno moguće debljine prevlake ... 383
17.2.13. Gorivi gasovi u postupku metalizacije ... 384
17.2.14. Izgled prevlake ... 385
17.2.15. Stapanje prevlake radi stvaranja metalurških veza ... 385
17.2.16. Završna obrada prevlake ... 386
17.3. Ostale vrste metalizacije ... 389
17.3.1. Elektrolučna metalizacija ... 389
17.3.2. Plazma postupak metalizacije ... 389
17.3.3. Hladna udarna metalizacija ... 390
17.3.4. Topla udarna metalizacija - HVOF ... 390
17.3.5. Metalizacija sa prskanjem i stapanjem ... 391
18. ZAŠTITA NA RADU I OPASNOSTI KOJE PROISTIČU PRILIKOM UPOTREBE GASNE TEHNIKE ... 393
18.1. Smisao bezbednosti i zdravlja na radu ... 393
18.1.1. Princip „neće valjda da se desi” ... 393
18.1.2. Obuka zaposlenih radi prevencije nezgoda na radu ... 394
18.1.3. Odgovornost za povrede na radu ... 395
18.1.4. Troškovi koje uzrokuju povrede na radu ... 395
18.2. Prevencija požara i eksplozija na gradilištu i njihove posledice u cilju zaštite na radu ... 396
18.2.1. Postupci zaštite od požara ... 396
18.2.2. Mere predostrožnosti iz gasne tehnike radi spečavanja požara i eksplozija i povreda zaposlenih ... 404
18.2.3. Eksplozije ... 416
18.2.4. Postupci za vreme požara ... 421
18.2.5. Opasnosti od dimnih i toksičnih gasova i prašine ... 424
18.3. Rezanje materijala koji su presvučeni opasnim prevlakama i njihov opasan dim ... 427
18.3.1. Rezanje čelika koji su presvučeni cinkom ... 427

18.3.2. Rezanje čelika koji su presvučeni aluminijumom ... 428
18.3.3. Rezanje čelika koji su presvučeni olovom i olovnim kalajem ... 428
18.3.4. Elektrolitički nanešene prevlake (bakar, hrom, nikal) ... 428
18.3.5. Rezanje čelika koji su presvučeni živom, kadmijumom ili berilijumom ... 428
18.3.6. Rezanje čelika koji su nauljeni, neodmašćeni i slično ... 429
18.3.7. Rezanje obojenih i plastificiranih čelika ... 429
18.3.8. Rezanje visokolegiranih čelika i njihovi opasni dimovi ... 429
18.3.9. Zaštita na radu prilikom žlebljenja i metalizacije ... 430
18.3.10. Zaštita na radu sa plazma aparatima ... 430
18.4. Lična zaštitna sredstva koju koriste zaposleni koji rade sa gasnom tehnikom ... 432
18.5. Ventilacija u radnim prostorijama ... 434
19. PRVA POMOĆ KOD POSLEDICA DELOVANJA TEHNIČKIH GASOVA ... 435
19.0. Prva pomoć na gradilištu ... 435
19.1. Prva pomoć kod posledica delovanja na čoveka kiseonika pod pritiskom i tečnog kiseonika ... 435
19.2. Prva pomoć kod posledica delovanja ugljen-dioksida, butana i propana, tečnog azota i acetilena ... 435
19.3. Prva pomoć kod posledica delovanja vodonika ... 436
19.4. Prva pomoć kod posledica delovanja propilena ... 436
19.5. Prva pomoć kod delovanja ugljen-monoksida ... 437
19.6. Gušenje i smrt ... 437
20. MERE ZAŠTITE PRI RADOVIMA NA VISINI ... 441
20.1. Šta je to „rad na visini“? ... 441
20.1.1. Obaveze upravnika gradilišta ... 442
20.1.2. Propadanje u prostor-PAD ... 442
20.1.3. Zone sigurnosti prilikom rada na visini ... 443
20.1.4. Oprema za rad na visini ... 445
20.1.5. Održavanje opreme za rad na visini ... 453
20.1.6. Evakuacija povređenog radnika na visini ... 454
20.2. Radne skele ... 456
20.2.1. Zakonski okvir za radne skele ... 456
20.2.2. Cevaste radne skele ... 458
20.2.3. Viseće radne skele- zakonski okvir ... 469
20.2.4. Konzolne radne skele ... 470
20.2.5. Zaštitne skele ... 470
20.2.6. Privremene „Provizorne“ skele ... 471
20.2.7. Sigurnost radnika pri montaži i demontaži skele ... 472
20.2.8. Potrebne kvalifikacije za radnike na skeli ... 472
21. ZAKONI I PODZAKONSKI PROPISI GDE JE REGULISANA UPOTREBA TEČNOSTI I GASOVA ZA POSLOVE GASNOG REZANJA I ZAVARIVANJA ... 474
21.1. Pravilnik o zaštiti na radu prilikom izvođenja građevinskih radova (službeni glasnik RS broj 53/97) ... 474
21.2. Pravilnik o tehničkim normativima za stabilne posude pod pritiskom (Službeni list SFRJ, br. 16/83) ... 476
21.3. Pravilnik o tehničkim normativima za pokretne zatvorene sudove za komprimirane, tečne i pod pritiskom rastvorene gasove (Službeni list SFRJ, br. 25/80, 9/86, 21/94, 56/95, 1 /2003, 21/2010), ... 476
21.4. Zakon o zaštiti od požara (Službeni glasnik RS, br.111/09 i 20/2015), ... 478
21.5. Zakon o eksplozivnim materijama zapaljivim tečnostima i gasovima (Službeni glasnik SRS, br. 44/77, 45/85, 18/89, 53/93, 67/93, 48/94 i 101/05), ... 479
21.6. Uredba o merama zaštite od požara pri izvođenju radova zavarivanja rezanja i lemljenja (Službeni glasnik SRS, br. 50/79). ... 481
21.7. Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu od statičkog elektriciteta (Službeni list SFRJ, br. 62/73). ... 485
22. Literatura ... 486

1. GASOVI U GASNOJ TEHNICI

1.1. Vrste gorivih gasova i podela u odnosu na njihove osobine

Količina toplote oslobođena sagorevanjem, kao i najviša temperatura plamena zavise od vrste gorivog gasa.

1. Osnovna podela gorivih gasova zasnovana je na poreklu gorivih gasova. Tako imamo hemijski gledano elementarni gas kao što je vodonik (H_2), zatim gas na bazi etilena (grisom-grieson), i najvažniju grupu čine gorivi gasovi na bazi ugljovodonika.



Gasove na bazi ugljovodonika možemo podeliti na:

- acetilen (C_2H_2),
- metan (CNG; LNG; CH_4),
- metilacetilen-propadien (C_3H_4 - trgovački naziv MAPP),
- i tečne naftne gasove TNG u koje spadaju:
  - propan (C_3H_8),
  - butan (C_4H10)
  - smeša propan – butan
  - propilen (C_3H_6) itd.

U čistom obliku se koristi samo vodonik, dok ugljovodonici mogu biti „čisti“ ili se mogu nalaziti i u smeši sa drugim gasovima, kao naprimer u smeši sa ugljen-monoksidom (CO). Inače ovaj izuzetno otrovan gas, ugljen-monoksid, je sastavni deo plamena, jer nastaje raspadanjem ugljovodnika i čini 50-56% srednje zone plamena.

2. Druga podela gorivih gasova koji se koriste u gasnoj tehnici je prema načinu transporta i skladištenja:

- acetilen se transportuje i skladišti u bocama i baterijama boca koje su predviđene samo za njegovo skladištenje. Sa druge strane cevovodima se može provoditi namalim udaljenostima do krajnjeg potrošača.
- vodonik se transportuje i skladišti u bocama i baterijama boca i u trajlerima
- metan se transportuje prvenstveno gasovodima, eventualno može bocama, baterijama boca i trajlerima, pa čak i brodovima namenjenim za to. Tečni metan se prenosi uz pomoć boca i rezervoara pod pritiskom.
- TNG se prenosi u bocama i pokretnim rezervoarima

3. Prema načinu sagorevanja:

- Vodonik gotovo celokupan sagoreva u primarnom plamenu
- Ostali gasovi sagorevaju i u primarnom i u sekundarnom plamenu

4. Prema specifičnoj težini:

- Acetilen, vodonik, grison (grieson®) i metan su lakši od vazduha
- Ostali gorivi gasovi su teži od vazduha

5. Prema načinu oslobađanja toplote:

- Metan oslobađa malo toplote u primarnom plamenu
- Smeša propan-butan oslobađaju malo toplote u sekundar nom plamenu
- Sam propan ima dobru toplotu u sekundarnom plamenu pa se koristi za rezanje.

PODSETNIK!

Zapaljivi zavarivački gasovi moraju se zvati njihovim odgovarajućim nazivima kao što su „PROPAN“ ili „ACETILEN“ ili opštim nazivom „ZAPALJIVI GASOVI“, a nikako se ne smeju nazivati i obeležiti sa samo „GAS“.

6. Prema brzini sagorevanja:
   - Vodonik je duplo brži od acetilena, a tri puta brži od MAPP gasa
7. Prema potrošnji kiseonika iz boce. Redosled potrošnje je sledeći:
   - najmanje kiseonika iz boce troši vodonik bez obzira na to što on celokupan sagoreva sa kiseonikom iz boce, sledi acetilen, grison pa MAPP.

1.1.1. Opšti pojmovi o gasovima

Za razliku od tečnosti, gasovi su stišljivi, što znači da se njihova zapremina može menjati, u zavisnosti od pritiska i temperature odnosno zavisni su od spoljnih uticaja. Gasovita goriva su smeše gorivih i negorivih gasova i primesa raznih materija. Pod uticajem dovedene toplote nastaje veliko širenje gasova i prelaska iz tečnog u gasovito stanje, pa to zahteva velike predostrožnosti prilikom punjenja gasova u zatvorene sudove. To je razlog zašto se sudovi za TNG pune samo do 80% zapremine suda. Ovih 20% slobodnog prostora suda je zapremina koja se ostavlja radi kompenzacije širenja gasova pod uticajem spoljašnje temperature i smanjenju unutrašnjih napona u boci.



1.1.2. Čistoća gasova

U zapaljive gasove spadaju ugljovodonici, ugljen-monoksid i vodonik, dok u nezapaljive gasove spadaju inertni gasovi, azot, kiseonik, ugljen-dioksid i sl. Primese u gasovima mogu biti, voda ili vodena para, sulfid-vodonik, prašina, metalni opiljci i slično. Gasovi koji se dobijaju industrijskim putem mogu sadržati i amonijak, cijanidna jedinjenja, ulja, masti, smole i sl. Primese u gasovima mogu smanjiti toplotnu moć gasova i preko 10%. Primesa vode u gasovima ne bi trebalo da prelazi količinu zasićenosti u gasu i da se taloži na dnu sudova. Iz tog razloga gasovi koji se transportuju na veće rastojanje ili će se koristiti nakon dužeg vremena (očekuje se dug vek u magacinu) treba da se prethodno osuše. Čistoća gasova koja se koristi pri oksigasnom zavarivanju ili rezanju, tvrdom i mekom lemljenju je vrlo značajna, i predstavlja značajan faktor pri izradi šavova na skoro svakom metalu. Kod gorivih gasova koncentracija kiseonika ne sme prelaziti 1%. Razlika od samo 0,5% čistoće kiseonika može značajno otežati i usporiti postupak rezanja metala.

PODSETNIK!

Ne sadrže svi gasovi odoranse, pa se ne mogu uvek prepoznati čulom mirisa. Na sreću, gasovi koji se koriste u gasnoj tehnici mogu se prepoznati čulom mirisa.

Sa druge strane dobar kiseonik je najmanje 99,5 % čist. Izražavanje procenta kod kiseonika može biti dovoljan pokazatelj čistoće gasa, međutim kod drugih gasova nečistoće se mere u milionitim delovima pa je uvedena posebna jedinica koja se često izražava skraćenicom: ppm (parts per milion - delova na milion).
Kod gasova postoji tačka rose koja je bazirana na istom principu koji prouzrokuje da se hladno ogledalo zamagli, odnosno što je niža tačka rose u ^{0}C, to gas sadrži manje vlage. Tačka rose je posebna mera koliko je neki gas suv. Po definiciji tačka rose je temperatura na kojoj se kondenzuje prva količina vodene pare pri kondenzovanju gasa. Ova mera nam pokazuje na kojoj će se temperaturi kompenzovati vodena para iz gasa na vrlo hladnu i vrlo ravnu površinu. Što je niža tačka rose u ^{0}C to gas sadrži manje vlage. Kiseonik, azot ili argon u tečnom stanju obično imaju tačku rose od oko -68 ^{0}C, a komprimovani gasovi kvaliteta za zavarivanje u bocama uvek skoro imaju tačku rose -51 ^{0}C ili niže.

Parts Per Million (ppm) U procentima (%)	Parts Per Millions (ppm) u Parts Per Billion (ppb):
1 ppm = 0,0001% 10 ppm = 0,001 % 100 ppm = 0,01% 1000 ppm = 0,1% Zapremina 10.000 ppm = 1.0%atm	1 ppm = 1.000 ppb 0,1 ppm = 100 ppb 0,01 ppm = 10 ppb 0,001 ppm = 1 ppb

Tabela br1/1: vrednosti u milionitom i milijarditom delu.

Za nas je bitno da znamo da kada su u pitanju gorivi gasovi, ne treba se voditi računa o tački rose i „količini vlage u gasu", jer prilikom njihovog sagorevanja stvara se vodena para. Znači nije bitno dali su gasovi suvi pre sagorevanja, jer oni to neće biti nakon sagorevanja. Ali zato kod zaštitnih gasova, tačka rose igra veoma važnu ulogu. Mala količina vlage u gasu može prouzrokovati da metal šava umesto žilav postane krt. I ne samo to. Mala količina vlage može uzrokovati i pojavu prsline u metalu šava.
Treba spomenuti da čistoća gasova može da ima značajnu ulogu kod zavarivanja u zaštiti inertnih gasova ili njihovih smeša. U tim gasovima negativnu ulogu imaju voda i kiseonik. Vrlo mala pa čak i najmanja količina vodene pare može prouzrokovati promenu kvaliteta šava kod čelika povišene čvrstoće ili može prouzrokovati i naprsline u samom šavu ili u zoni upravo neposredno uz metal šava. Kada se pogleda atest gasa u njemu je navedena vrednost od naprimer "5 ppm O_2 u CO_2" ili "10 ppm O_2 maksimum".
Recimo zaštitni gas čistoće 99,9 % je toliko prljav, da ga verovatno ne možemo koristiti prilikom zavarivanja jako osetljivih metala u zaštiti inertnih gasova. Većina zaštitnih gasova koji se koriste su čistoće 99,999% (popularno: pet devetki), pa i veće čistoće.
Kod gasnog zavarivanja nema potrebe za tolikom čistoćom, jer je kiseonik acetilenu preko neophodan za sagorevanje, dok vodena para uz ugljen-dioksid je produkt sagorevanja. Za nas vodena para je interesantna jedino u kiseoniku za rezanje! Sa povećavanjem procenta vodene pare, otežava se rezanje i dolazi do zaleđivanja ventila boce i regulacionog ventila.

PODSETNIK!

Za nas vodena para je interesantna jedino u kiseoniku za rezanje.

Razlika od samo 0,5% čistoće kiseonika može uzrokovati veliku razliku u brzini rezanja. Zašto je to tako? Čist kiseonik (100%) izaziva 60-struko brže sagorevanje železnog materijala u odnosu na kiseonik iz vazduha koji je u smeši udelom od 20,8%. Drugim rečima sa malim uvećanjem primesa u kiseoniku dolazi do značajnog smanjenja brzine rezanja.

1.1.3 Specifična gustina gasova

Specifična gustina gasa se meri u kg/m^3 na temperaturi od 15^{0}C i veoma je bitna jer neposredno utiče na brzinu protoka gasa kroz crevo i regulacioni ventil. Sa povećanjem gustine gasa smanjuje se brzina protoka i to je jedan od razloga korištena različitih vrsta regulacionih ventila za gorive gasove.

Naziv gasa	Gustina gasa ρ (kg/m^3)	Specifična gustina gasa u odnosu na vazduh ρ/ρvaz (-)	
H_2	0,0899	0,075	LAKŠI OD VAZDUHA ↑
He	0,16	0,0137	
Zemni gas	0,75	0,625	
Acetilen	1,09	0,906	
Azot	1,15	0,958	
Grison	1,17	0,975	
Vazduh	1,20	1,000	
Kiseonik	1,33	1,108	↓ TEŽI OD VAZDUHA
MAPP	1,48	1,211	
Argon	1,65	1,375	
Propilen	1,77	1,475	
Propan	1,82	1,517	
CO_2	1,83	1,530	
Butan	2,52	2,10	

Tebela 2/1: Gustine korišćenih gasova

Za nas je jako bitna relativna gustina gasova u odnosu na vazduh. Razlog je rad u zatvorenim prostorima, kao i skladištenje gasova. Tako postoje neki gasovi koji su toliko gusti da padaju na dole kao što je propan ili smeša propan-butana ili pak toliko male gustine da se gas jednostavno podiže na gore - vodonik, pa je opasan za rad u zatvorenom prostoru. Acetilen je gas koji je nešto lakši od vazduha (odnos specifične težina sa specifičnom težinom vazduha mu je 0,906). Razlika u gustinama je ponekad faktor koji utiče na izbora gasa za zavarivanje.
Kada je u pitanju gasovi za zavarivanje poput argona ili ugljen-dioksida zbog svoje velike specifične težine u odnosu na vazduh, padaju na dole preko lica šava pa su pogodni za zavarivanje u horizontalnom položaju. Sa druge strane helijum je gas sa malom specifičnom težinom pa gas se podiže na gore usled sila uzgona.

1.1.4. Zapremina gasa

Promena zapremine gasa je direktno proporcionalna promeni apsolutne temperature. Ako se apsolutna temperatura u kelvin stepenima (^{0}K) poveća za duplo i zapremina se poveća za duplo.

	litar	m^3	cm^3(ml)	ft^3	us gal
litar		10^{-3}	10^3	3.5315×10^2	2.6418×10^{-1}
m^3	10^3		10	3.5315×10^1	2.6418×10^2
cm^3(ml)	10^{-3}	10^{-6}		3.5315×10^{-5}	2.6418×10^{-4}
ft^3	2.8317×10^1	2.8317×10^{-2}	2.8317×10^4		7.4801
us gal	3.7854	2.8317×10^{-3}	3.7854×10^3	1.3368×10^{-1}	

Tabela3/1: Određivanje međusobnog odnosa zapremina

1.1.5. Količina gasa u kubnom metru

Količina gasa se meri prema zapremini koju gas zauzima, u zavisnosti od spoljnog pritiska i temperature. Zbog toga je definisana jedinica za merenje zapremine gasa koja se zove normalni kubni metar i ima oznaku Nm^3, a ponegde u literaturi se može pronaći i m^3n, odnosno m^3_n.
Normalno stanje nekog gasa određeno je sa:
- temperaturom od 0^{O}C
- pritiskom od 1,01325 bar
- i uslovom da je gas suv bez sadržaja vlage.

Druga vrednost za merenje količine gasa je standardni kubni metar (Sm^3). Standardni kubni metar je određen sa:
- temperaturom od 15^{O}C
- pritiskom od 101,3 kPa odnosno 1,01325 bar

Razlika između normalnog i standardnog kubnog metra je temperaturnom uslovu na kome se meri količina gasa, kod jednog je 0 ^{O}C, a kod drugog 15^{O}C.
Treća jedinica za merenje količine gasa je pogonski kubni metar (m^3), koji se razlikuje od normalnog jer uključuje i pogonske veličine stanja temperature i pritiska i nezaobilaznu vlagu.

1.1.6. Merenje pritiska gasa

Kada su tečnosti u pitanju pritisak zavisi visine vodenog stuba, odnosno od dubine. Tako je pritisak u bunaru na 3 m dubine isti kao pritisak na istoj dubini u jezeru. Boce za tečne gasove imaju relativno malu visinu, pa je promena pritiska zanemariva. Sa promenom

PODSETNIK!

Sva oprema i instrumenti koji se koriste na liniji protoka kiseonika moraju biti izrađeni za kiseonik, moraju biti odmašćeni i imati dokaz o odmašćivanju i na njima mora stajati natpis „kiseonik“!!!

vodenog stuba od jednog metra menja se pritisak za 0,1 bar, odnosno na deset metara 1 bar. Za razliku od tečnosti, kod gasova pritisak je isti celom zapreminom posude u kojoj je zatvoren. Razlika u pritisku usled gravitacije je toliko mala da je zanemariva.

Ukoliko se na posudi napravi otvor, gas će isticati sve dok ne dođe do ravnoteže unutrašnjeg sa spoljašnjim pritiskom okolne sredine, odnosno okolnog vazduha. Čak i kada je pritisak u boci zanemarivo različit od okolnog pritiska, dolazi do difundovanja gasa kroz vazduh, a samim tim dolazi do njegovog isticanja. Iz tog razloga se u gasove dodaje odorans koji se lako može osetiti čulom mirisa i u najmanjim koncentracijama. Svako curenje gasa se mora odmah zaustaviti, bez oklevanja, jer se vremenom povećava količina isteklog gasa, kako bi se izbegla mogućnost pojave požara i eksplozije, odnosno gubitka skupocenog gasa.

Merenje pritiska gasa u boci je vrlo prosto. Gas ima osobinu da ima istu vrednost pritiska u celoj zapremini posude bez obzira na njenu veličinu, pa i u svim tačkama, odnosno podjednako u svim pravcima. Pod pojmom posuda spadaju svi elementi za čuvanje i protok gasova: boca, regulacioni ventil, creva ili gorionik ili pak mlaznica na gorioniku.

Jedinica za merenje pritiska je **Pa (Paskal), 1 Pa=1N/m²**. Budući da je metrički sistem baziran na dekadnim jedinicama "kilo" znači 1.000, a "mega" znači 1.000.000, odnosno u jedinicama to je **kPa i MPa.**

1Mpa = 1N/mm²

Stare jedinice za merenje pritiska gasa su bar i Atm (atmosfera) koje mi i dalje upotrebljavamo:

1 bar = 0,1MPa = 100kPa = 0.986 Atm =14.51 PSI

10 bar = 1MPa = 9.86 Atm =145.1 PSI

PSI je mera funta po kvadratnom inču

Praktično koliko je to, odnosno kolike su to vrednosti?

Posmatramo punu bocu kiseonika. Ako uzmemo da je ona napunjena na maksimalno dopušteni pritisak od 150 bar, to je ekvivalentno sili koju bi napravilo masa od 152 kilograma na svakom kvadratnom centimetru unutrašnje strane boce. Drugim rečima, na svaki 1 bar povećanja pritiska povećava se i sila pritiska koja je približno ekvivalenta sili od 10 t/m^2.

U praksi gasne tehnike potrebno je da razlikujemo sledeće vrste pritisaka.

- Apsolutni pritisak gasa je zbir barometarskog pritiska, odnosno pritiska okolne sredine i pritiska u gasnoj instalaciji.
- Statički pritisak je nadpritisak gasa u odnosu na atmosferski pritisak gasa, kada je gas u stanju mirovanja (gasni ventil je zatvoren)
- Dinamički pritisak je nadpritisak pri protoku gasa kroz instalaciju, u odnosu na atmosferski pritisak kada je gasni ventil otvoren.
- Priključni pritisak je dinamički pritisak na mestu priključka nekog potrošača
- Pritisak gorionika je dinamički pritisak gasa u gorioniku pre mešanja sa kiseonikom ili vazduhom.

Kritično stanje gasa je stanje u kome nastaje razlika između gasne i tečne faze. Ovo stanje je određeno kritičnom temperaturom i kritičnim pritiskom.

Kritična temperatura je temperatura iznad koje gas ni pod kakvim pritiskom ne ostaje u tečnoj fazi. Kritični pritisak je najniži pritisak koji je dovoljan da se na kritičnoj temperaturi gas prevede u tečno stanje.

1.1.7. Sagorevanje gasova

Sagorevanje gasova je hemijski proces oksidacije gasa uz oslobađanje toplote, pri čemu dolazi do spajanja gasa sa kiseonikom. Spajanje sa kiseonikom se obavlja i iz vazduha i iz boce, uz stvaranje opasnog ugljen-monoksida i vode. Srećom po živi svet na planeti, ugljen-monoksid ima veliki afinitet prema kiseoniku na povišenoj temperaturi (u plamenu) tako da dalje nastavlja sagorevanje u kiseoniku i dobija se ugljen-dioksid i voda. Da nije tako, svako sagorevanje jedinjenja ugljenika stvaralo bi ugljen-monoksid koji bi sprečio postojanje danas poznatog života.

Da zaključimo svi ugljovodonični gasovi imaju iste krajne produkte sagorevanja, ugljen-dioksid i vodenu paru, kada u potpunosti sagore u kiseoniku. Ukoliko se ne izvrši potpuno sagorevanje gasa usled nedostatka kiseonika

dobija se nepotpuno sagorele materije poput ugljen-monoksida i/ili čak ugljenika. Ugljenik u plamenu ima žutu boju, a kada se ohladi ima crnu boju, odnosno postaje čađav. Iz tog razloga kada se pali brener imamo čađav plamen jer nedostaje kiseonika za potpuno sagorevanje ugljenika.
Kiseonik ne sagoreva, ali zato pomaže gorenje. Sa druge strane nije na odmet znati da kiseonik nije jedini gas koji pomaže gorenje. Naprimer: vodonik sagoreva u hloru, pri čemu nastaje hlorovodonična kiselina i čak mnogo veća količina toplote koja se oslobađa pri tom procesu, nego prilikom sagorevanja vodonika u kiseoniku. Ovi procesi su interesantni za hemičare, a za nas ne, izuzev ukoliko budete radili sa vodonikom u hemijskoj industriji i na mestima mogućeg kontakta sa hlorom i njegovim jedinjenjima.
Eksplozija je brzo i burno sagorevanje uz zvučni efekat jer dolazi do probijanja zvučnog zida, odnosno brzina sagorevanja prelazi brzinu zvuka u vazduhu. To je razlog zašto dolazi do snažnog zvučnog udara, kada avion probije zvučni zid.
Inertni gasovi iz osme grupe periodnog sistema hemijskih elemenata, poput argona i helijuma, ne sagorevaju niti se hemijski jedine sa ostalim hemijskim elementima. Njihovi atomi u svojoj poslednjoj orbiti imaju dovoljan broj elektrona, tako da su nezavisni u odnosu na svoju okolinu. Iz tog razloga oni se pojavljuju u atomskom stanju, a ne u molekularnom. Takvo stanje se zove stabilno stanje hemijskog elementa. Zahvaljujući toj svojoj osobini oni se koriste prilikom zavarivanja kao inertni gasovi, jer ne stupaju u hemijske procese sa metalom šava i istovremeno svojim prisustvom šav štite od aktivne okolne sredine.
Azot je interesantan kao gas. Za čoveka on je inertan, jer prolazi kroz krvotok bez ikakvog uticaja na čoveka. Izuzetak je kada se obavlja rad na povišenom pritisku. Tada dolazi do gomilanja azota u krvotoku, jer tečnosti na povišenom pritisku brže i više rastvaraju gasove. Tako i azot na povišenom pritisku znatno više se rastvorio u krvi i ostalim telesnim tečnostima. Za oslobađanje i njegovo izdisanje neophodno je izvesno vreme. To vreme provedeno na povišenom pritisku prilikom povratka u sa višeg pritiska na atmosferski naziva se dekompresija. Dekompresija je obavezna prilikom povratka radnika koji su radili na dubini ili u prostoru sa povišenim pritiskom. Azot zbog svoje inertnosti će gasiti vatru, a ne pospešivati je. Azot ima osobinu da se na visokim temperaturama jedini sa kiseonikom i gradi široki spektar oksida popularno nazvanih NOx oksidi. Ovi oksidi su opasni jer stvaraju sa vodenom parom azotne kiseline. Primer je termički proces u termoelektrani, gde zbog pojave azotnih, sumpornih i drugih oksida zahteva se da na vrhu dimnjaka temperatura dimnih gasova ne sme da bude manja od 105^{O}C. Razlog je da se ne bi oksidi jedinili sa vodenom parom i gradili kiseline, i odmah padali na postrojenje. Ti procesi će se u svakom slučaju obaviti, ali visoko u ogromnom prostoru, tako da njihova koncentracija će biti zanemariva. Izuzetak su niski oblaci koji mogu da akumuliraju veliku količinu štetnih gasova i izazvati kisele kiše. Za nas koji se bavimo gasnom tehnikom to ne igra ulogu, jer mi azot koristimo za ispiranje posuda od zapaljivih gasova i kao gas za rezanje kod nekih starijih modela plazma aparata za rezanje.

1.1.8. Toplotna moć gasa – zavarivanje železnih materijala sa zemnim i TNG gasovima

Toplotna moć nekog gasa je količina toplote koja se oslobađa potpunim sagorevanjem jednog kubnog metra gasa pri normalnim uslovima. Znači da toplota meri količinu termičke energije.
U tehnici sagorevanja razlikujemo dve toplotne moći: gornju i donju. Razlika između gornje i donje toplotne moći nastaje isparavanjem vlage i odgovara toploti isparavanja vodene pare koji sadrži standardni kubni metar gasa.
Kada govorimo o toplotnim vrednostima gasa onda nas interesuje koliko će jedan standardni kubni metar gasa osloboditi toplote, za koga je merna jedinica u megadžulima po kubnom metru **(MJ/m^3).**

1 kcal=4,186kJ odnosno 1kJ =0,239 kcal, 1MJ = 239kcal

Zemni gas stvara samo 37-40 MJ/m^3, acetilen 54,8 MJ/m^3, dok propilen ima 88,3MJ/m^3 itd.
Sa druge strane temperatura je mera intenziteta toplote. To znači da toplota i temperatura nisu isto, pa nemaju ni iste merne jedinice. Jedinica za toplotu je džul (J) odnosno kilodžul (kJ) i megadžul (MJ), a temperaturu celzijus (^{O}C), kelvin(^{O}K) ili faradej (^{O}F).

U principu sa svim gorivim gasovima u gasnoj tehnici, postiže se dovoljna količina toplote sa kojom možete topiti čelik i dodatni materijal. Međutim vreme potrebno da dođe do zavarivanja kod pojedinih

gasova bi se u značajnoj meri oteglo, da bi postalo gotovo neizvodljivo. Prevedeno na jednostavan jezik to je isto kao da pokušavate da presečete deblo sa potpuno tupom testerom. Znači može, ali treba mnogo vremena i truda.

Sa druge strane sa nekim drugim gasovima koji imaju veliku količinu toplote u primarnom plamenu doći će do koncentrisanja velike količine toplote u uskom pojasu i lako će doći do zavarivanja.

To je razlog zašto se zemni gas nikada ne koristi za zavarivanje železnih materijala. Sa njim je teško zavarivati i druge materijale, izuzev olova i kalaja. Sa njim je teško vršiti i tvrdo lemljenje, a pogotovo visokotemperaturno lemljenje. Međutim zemni gas oslobađa dovoljno toplote da se može vršiti rezanje ili zagrevanje materijala za različite tehničko tehnološke postupke.

Količina oslobođene toplote prilikom sagorevanja		acetilen	MAPP	propilen	metan	propan
Qprim	(MJ/m^3)	18,9	19,3	16,3	0,4	9,5
Qsek	(MJ/m^3)	35,9	70,4	71,4	37	83,6
Qukupno	(MJ/m^3)	54,8	89,6	88,3	37,4	93,1

Tabela 4/1: Količina oslobođene toplote u primarnom i sekundarnom plamenu

1.1.9. Temperatura samopaljenja gasova

Temperatura paljenja nekog gasa naziva se ona temperatura na kojoj se neki gas izmešan u teoretskom odnosu sa vazduhom ili kiseonikom sam zapali, bez prisustva plamena. Gorivi gasovi se pale na temperaturama od 305-650^{O}C. Ovaj temperaturni interval zavisi od vrste gasa, njegovog sastava, pritiska gasa, koncentracije u vazduhu ili kiseoniku i od drugih specifičnih okolnosti.

Temperatura paljenja gasa opada u proseku oko 50^{O}C u struji čistog kiseonika u odnosu na temperaturu paljenja na vazduhu.

1.1.10. Brzina širenja plamena

To je brzina plamena kojom se kreće u smeši gasa i vazduha. Brzina širenja plamena se meri u m/s. Na brzinu širenja plamena ponajviše utiču pojedine komponente sastava gasa u smeši sa vazduhom ili kiseonikom. Brzina širenja plamena, brzina isticanja gasa iz mlaznice, količina primarnog vazduha i mešanje gasa i vazduha su veličine koje utiču na stabilnost i način sagorevanja gasa.

Vrsta gasa		Brzina širenja plamena u m/s
Vodonik	H_2	2,65
Metan	CH_4	0,40
Prirodni gas	-	0,32
Ugljen-monoksid	CO	0,35
Propan	C_3H_8	0,32
Butan	C_4H_{10}	0,38
TNG	-	0,34

Tabela 5/1: Brzine širenja plamena pojedinih gorivih gasova

1.1.11. Promene zapremine gasa u zavisnosti od temperature

Zapremina gasa i temperatura su direktno povezani. Sa porastom temperature mora da dođe do porasta zapremine. Ukoliko se gas nalazi u zatvorenoj posudi i nema mogućnosti da dođe do povećavanja zapremine, tada dolazi do porasta pritiska. Međusobna zavisnost širenja i skupljanja gasa može se empirijski izraziti, pri čemu temperatura mora da bude izražena u kelvin stepenima, što znači da formule nisu srazmerne celzijusovoj skali.

Tabela 6/1: Maksimalne temperature plamena pojedinih gasova

Maksimalna temperatura plamena		acetilen	MAPP	propilen	metan zemni gas	propan	butan	vodonik	grison
tmax	(°C)	3235	2927	2865	2538	2526	2300	2655	2950

Tabela 7/1: Određivanje međusobnog odnosa mernih jedinica za temperaturu

	°C	°F	°K
°C		1.8 (°C) + 32	°C+ 273.15
°F	(°F - 32) / 1.8		(°F+ 459.67) / 1.8
°K	°K - 273.15	1.8 (°K) - 459.67	

1.1.12. Promena zapremine gasa u zavisnosti od pritiska

Zapremina gasa se takođe menja u zavisnosti od pritiska. Sa povećavanjem pritiska gasa za jedan bar smanjiti će se zapremina gasa proporcijalno za jednu vrednost zapremine suda, i obrnuto, sa smanjenjem pritiska dolazi do povećavanja zapremine. To znači da ukoliko u jednoj čeličnu boci postoji gas pritiska od 1 bar, i u njega dodamo gas tako da pritisak iznosi 2 bara, to znači da smo dodali gasa koliko je zapremina boce. Ukoliko povećamo pritisak za 10 bara znači da smo dodali gasa za vrednost od 10 zapremina boca. Tako u boci koja ima zapreminu od 50 litara i pritisak gasa od 200 bar, imamo gasa u vrednosti koja se dobija tako što se zapremina boce pomnoži sa vrednošću pritiska u barima, odnosno u našem slučaju 50 x 200 =10.000 litara.
Da bismo detaljnije shvatili odnose raznih mera za pritisak pomoći će nam sledeća Tabela br 8/1 :

	atm	Psi (lb/in^2)	in of Hg (32°F)	mm of Hg (32°F) (torr)	in ohf H_2O (60°F)	kpa	bar
atm		14.696	29.921	7.60×10^2	4.0719×10^2	1.01325×10^2	1.01325
psi (lb/in^2)	6.8046×10^{-2}		2.0360	5.1715×10^2	27.707	6.8948	6.8948×10^{-2}
in of Hg (32°F)	3.3421×10^{-2}	0,49115		25.4	13.608	3.3864	3.3864×10^{-2}
mm of Hg (32°F) (torr)	1.3158×10^{-3}	1.9337×10^{-2}	3.9370×10^{-2}		0.53576	0.13332	1.3332×10^{-3}
in ohf H_2O (60°F)	2.4582×10^{-3}	3.6092×10^{-2}	7.3484×10^{-2}	1.8665		0.24884	2.4884×10^{-3}
kpa	9.8692×10^{-3}	0.14504	0.29530	7.5008	4.0186		0.01
bar	0.98692	14.504	0.29530	7.5008×10^2	4.0186×10^2	100	

Tabela 8/1: Uporedna tabela za merenje pritiska

1.1.13. Pritisak pare ugljovodonika

Svi gasovi imaju svoju tečnu fazu na određenoj temperaturi. Sa povećavanjem pritiska dolazi do obaranja temperature pa je moguće neke gasove prevesti u tečno stanje i na sobnoj temperaturi pri povećanju pritiska. Nama su interesantni ugljovodonici koji se na sobnoj temperaturi nalaze u tečnom stanju, ali i drugi gorivi gasovi koji se sa povećavanjem pritiska prevode u tečno stanje, kao što je slučaj sa metanom, odnosno zemnih gasom.

Pritisak pare je pritisak koji se dobija isparavanjem, odnosno promenom tečne faze u gasovitu fazu kod gorivih gasova. Pritisak pare gasova zavisi od unutrašnje temperature tečnog gasa. Sa povećavanjem temperature tečnosti povećava se i količina prevedene tečnosti u gasovito stanje, a time i raste pritisak. Da bi se povećala temperatura unutar boce ne sme se otvorenim plamenom zagrevati boca. Nas interesuje koliki je parni pritisak određenog tečnog gasa na temperaturi od 21°C kada je puna boca. Zašto? Ukoliko je pritisak pare niži od standardne vrednosti dešavaju se dve stvari: ili je količina gasa na izmaku, odnosno sva tečnost je prešla u gasnu fazu i treba uskoro zameniti bocu ili je došlo do snižavanja temperature tečnosti. I u jednom i drugom slučaju moramo preduzeti određene korake da bi došlo do nastavka započetih radova. Ukoliko je niska temperatura gasa mora se doneti električna prostirka sa kojom će se obaviti boca i podići temperatura. Za nas je interesantno da znamo da je pritisak pare propana na sobnoj temperaturi 0,83MPa odnosno 8,3 bar, a propilena 1,52 MPa odnosno 15,2 bar.
Očigledno je da su normalni pritisci u bocama ovih gasova mnogo niži nego pritisak kiseonika u boci od 15MPa, odnosno 150 bar.

1.2. Vrste gasova koji se koriste u tehnici zavarivanja i rezanja u kiseoniku i vazduhu

1.2.1. Acetilen (C_2H_2)

Boja boce kestenjasta SRPS EN 1089-3 RAL 3009. Osobine:
Acetilen je gas koji je nastao jedinjenjem vodonika i ugljenika i osnovni je član niza nezasićenih ugljovodonika sa trostrukom vezom između ugljenikovih atoma. Ta veza je veoma bitna jer ona određuje osobine acetilena. Acetilen je bezbojan, zapaljiv i eksplozivan gas. Čist acetilen je bez mirisa, a tehnički acetilen je karakterističnog oštrog mirisa zahvaljujući primesama, fosfora i silicijumovih jedinjenja.

PODSETNIK!

Regulacioni ventil za acetilen ima na sebi uzengiju, dok svi ostali gasovi imaju levi ili desni navoj.

U vazduhu acetilen gori veoma toplim, sjajnim plamenom. U zavisnosti od sastava smeše acetilena i vazduha, temperatura paljenja varira, tako recimo smeša 30% acetilena sa vazduhom pali se na temperaturi od 305°C. Temperatura acetilensko kiseoničnog plamena iznosi:
Oko 2325°C pri sadržaju acetilena u smeši oko 9%.
Oko 3160°C pri sadržaju acetilena u smeši oko 36%.
Oko 3235°C pri sadržaju acetilena u smeši oko 44% i približno 56% kiseonik. Od acetilena u prirodi su topliji gasovi jedino disuanocetilen sa temperaturom plamena od 4990°C i cianogen 4525°C, ali se ne koriste zbog svoje velike toksičnosti.
Pod izvesnim uslovima nadpritiska, temperature, kao i u zavisnosti od oblika i zapremine suda čist acetilen je sklon raspadanju, upravo zbog trostruke veze između ugljenikovih atoma kao i pri srazmerno malom nadpritisku od 21 bar i više, raspada se na svoje sastojke: vodonik i ugljenik. Ovaj proces raspadanja je egzoterma reakcija koja odaje toplotu prilikom raspadanja. Ta toplota nije ekvivalentna kao kada sagoreva acetilen. Trostruka veza je toliko slabašna da pri padu boce sa kolica dolazi do pucanja ove veze, ali ne može da se nastavi i da postane lančana ukoliko boca nije dobro zagrejana. To je razlog zašto se boce ne zagrevaju sa otvorenim izvorom toplote. Ukoliko ima dovoljno toplote raspadanjem acetilena na njegove elementarne delove ugljenik i vodonik, naglo će rasti pritisak u boci što će neminovno dovesti do eksplozije. Međutim ako se samo pokrene reakcija i zaustavi, stvoriće se izvesna količina vodonika koji će zajedno sa čađi prvi krenuti prema gorioniku plamena. Kada se upali brzo će sagoreti, osloboditi veliku količinu toplote koja će izgoreti gorionik i nosač gorionika izgoreti radnika i crevo i stvoriće se panična situacija u kojoj plamen može da se uvuče u bocu i da se tek onda izazove veća nesreća.
Acetilen (disugas) ima veoma veliki interval eksplozivnog delovanja, koji se kreće u smeši sa vazduhom 2,5-80%, a sa kiseonikom 2,3-93%. Najveći rad u eksploziji (najsnažnija eksplozija), može da napravi smeša acetilena od 15% sa kiseonikom. Već smo spomenuli da ova smeše ima veoma nisku tačku paljenja od 305-470°C

PODSETNIK!

Acetilen je lakši od vazduha!

u smesi sa vazduhom, što ukazuje na mogućnost paljenja sa najmanjom iskrom (nastanak takve iskre moguć je udarom čelika od čelik). Zato acetilen pripada grupi najzapaljivijih i najeksplozivnijih gasovitih materija. Acetilen je samozapaljiv u vazduhu na temperaturi od 335ºC, dok u smeši sa kiseonikom dovoljna je iskra koja ima temperaturu 297-306ºC pa da dođe do paljenja.
Smanjenje eksplozivne osetljivosti acetilena može se postići njegovom apsorpcijom u pojedinim tečnostima, a za to je najpogodniji aceton.
Pri temperaturi od 240-280ºC u prisustvu katalizatora, kao što je oksid bakra ili oksid gvožđa, eksplozija je moguća bez spoljašnjeg izvora paljenja. U smeši sa hlorom u dodiru sa sunčevom svetlosti je eksplozivan.
Acetilen pod izvesnim uslovima gradi eksplozivna jedinjenja sa bakrom, srebrom, cinkom, aluminijumom i živom, pa se ovi metali i njihove legure ne smeju koristiti za skladištenje, izuzev mesinga koji u svom sastavu ima manje od 65% bakra i nikla, kao i legura koje imaju manje od 43% srebra.
Ukoliko dođe do oslobađanja acetilena u zatvoren prostor, stvoriće se eksplozivna smeša čija eksplozija se može sprečiti jakom ventilacijom prostora, odnosno korišćenjem ugljen-dioksida ili azota. Ugljen-dioksid iz aparata ubacuje se u zatvoren prostor da bi se stvorila koncentracija koja je nepovoljna za eksploziju. Nepovoljna koncentracija znači da u smeši vazduha, acetilena i ugljen-dioksida, gde minimum 57% zapreminskih jedinica mora da bude ugljen-dioksida.
Čist acetilen nije toksičan, ali ukoliko se stvore velike koncentracije mogu da dovedu do prekida disanja, zbog smanjene količine kiseonika u vazduhu, a uz to je stvorena eksplozivna smeša gasa i vazduha.
Acetilen nije gas koji treba udisati, on je jak anestetik u većoj koncentraciji. Nekada se ovaj gas koristio u hirurškim intervencijama, a najbolji zubari su ga svojevremeno kao tajnu čuvali za bezbolno vađenje zuba.
Na teritoriji Srbije i okruženja najčešći gorivi gas koji se koristi je acetilen, zbog svojih odličnih osobina, relativno jednostavne proizvodnje, odličnih osobina za zavarivanje i to je razlog zašto je u ovom materijalu najviše predato pažnje njemu.
Acetilen se puni u boce kestenjaste (tamno) braon boje, o tome dosta više udelu: 2.2.3 „Boce za acetilen".

1.2.2. Kiseonik (O_2)

UPOZORENJE !!!

Kiseonik (O_2) je izuzetno opasan gas!!!

Boja boce je bela prema SRPS EN 1089-3 RAL 9010.
Kiseonik je najrasprostranjeniji element u prirodi, jer se jedini direktno ili indirektno sa gotovo svim hemijskim elementima izuzev plemenitih gasova, stvarajući okside. U standardnom kubnom metru na 15ºC i atmosferskom pritisku gustina kiseonika iznosi 1,43 kg/m^3 što znači da je nešto teži od vazduha. Zahvaljujući tome njegova koncentracija u nižim slojevima atmosfere je veća. Slabo se rastvara u vodi, slabo provodi elektricitet, loš je provodnik toplote, ali dobro se apsorbuje u aktivnom uglju. Kiseonik ne gori ali potpomaže gorenje drugih goruć ih materija.
Ukoliko je procenat kiseonika veći od 21%, oksidacija je brža. Međutim kada ovaj procenat povećamo na 100% tj petostruko, javlja se enormno povećanje brzine sagorevanja (60-struko). A samim tim sa porastom brzine sagorevanja raste i temperatura sagorevanja.
Svi zapaljivi materijali gore mnogo burnije u čistom kiseoniku nego u vazduhu, a temperatura paljenja im se snižava u proseku za oko 50ºC nego u vazduhu. Pojedine zapaljive materije gore gotovo eksplozivno u kiseoniku, kao što su ulja i masti (masne krpe i pucval) u dodiru sa čistim kiseonikom pritiska preko 30 bar, a nastanak procesa je spontan (samozapaljenje) ili je nastao usled slabe varnice. Do eksplozije može doći naprimer topljenjem čvrstih ulja, jer su takva ulja u velikoj meri zasićena kiseonikom. Kiseonik se puni u boce u gasovitom stanju. Tečan kiseonik je tečnost bledo plave boje, providan, nešto teži od vode. Isparavanjem jednog litra tečnog kiseonika dobija se 860 litara gasovitog kiseonika na temperaturi od 20ºC i atmosfersko pritisku od 1013mbar.
Tabela za pretvaranje fizičkih vrednosti za kiseonik:

1 m^3 = 1,311 kg = 1,147 litara
1 kg = 0,763 m3 = 0,876 litara
1 litar = 0,872 m3 = 1,142 kg

U tečnom stanju kiseonik nosi sa sobom mnoge opasnosti od eksplozija i požara jer ima višestruko snažnije dejstvo u odnosu na kiseonik u gasovitom stanju. Tečan kiseonik sa organskim materijama pravi eksplozivne smeše. Neke materije sadrže u svom molekulu kiseonik neophodan za sagorevanje (eksploziv), zatim goriva materija se može naći u nekoj smeši koja u sebi već ima kiseonik (kod crnog baruta nosilac kiseonika je šalitra) ili uzimanje kiseonika u nekom hemijskom procesu (magnezijum uzima kiseonik za sagorevanje iz ugljen-disulfida).

UPOZORENJE

Pojedine zapaljive materije u kiseoniku gore gotovo eksplozivno kao što su ulja i masti i to bez unošenja inicijalne toplote!!!

Skoro sav komercijalni kiseonik dobija se iz postrojenja za razlaganje vazduha utečnjavanjem i retrifikacijom atmosferskog vazduha. Izvesne količine dobijaju se iz elektrolize vode, kao nus produkt dobijanja vodonika, ali je zato dosta skuplji i koristi se u laboratorijske svrhe. Kiseonik koji se dobija elektrolizom iz vode ima u sebi oko 2% vodonika.
Kiseonik je standardizovan po SRPS H.F1.010 i SRPS H.F1.011.
U industriji kiseonik je našao primenu i koristi se zajedno sa acetilenom, vodonikom i drugim gorivim gasovima za zavarivanje, rezanje, sečenje, lemljenje i slične poslove. Primenjuje se u medicini, hemiji, u aero i astronautici, za proizvodnju specijalnih vrsta čelika itd. kiseonik se puni u boce bele boje, o tome dosta više u delu: 2.3 „Boce za kiseonik".

1.2.3. Smeša Propan-Butan (TNG gas)

Boce za smešu propan-butan su najčešće narandžaste boje. Svaka punionica TNG gasa je prijavila upravi za transport opasnog tereta način obeležavanja boca bojom i slovnim oznakama.
TNG je bezbojan, veoma zapaljiv i eksplozivan gas, karakterističnog mirisa. Skoro 2 puta je teži od vazduha, zadržava na najnižim mestima, sa kojih svojim prisustvom istiskuje kiseonik. Nije otrovan već samo u veoma velikim koncetracijama ima lako narkotično dejstvo.
U grupu gasova dobijenih iz nafte razlikujemo:

- Rafinerijski gas
- Tečni naftni gas (TNG) koji se popularno zove „propan-butan".

Propan-butan je smeša propana i butana koji se najčešće skladišti i transportuje u tečnom stanju u bocama za gas. Ovaj gas praktično ne sadrži negorive i otrovne ostatke, ali je zato u određenim koncentracijama veoma eksplozivan. Zapreminski odnos kiseonik: propan prilikom realnog sagorevanja iznosi 4,5:1, a prilikom stihiometrijskog sagorevanja 5:1.
Tečni naftni gas su naftni ugljovodonici (propan, butan, propilen, buten i njihovi izomeri) i njihove smeše u tečnom i gasovitom stanju čiji parni pritisak prelazi 1,25 bar na temperaturi od 40°C. Najviše su zastupljeni propana C_3H_8 i butan C_4H_{10}. Ovi gasovi su teži od vazduha. U sastav tečnog naftnog gasa ulaze i nezasićeni ugljovodonici kao što su propilen i butilen.
Osnovna sigurnost prilikom korišćenja gasa u vazduhu je brzo i tačno utvrđivanje mesta gde gas curi, i otklanjanje neposredne opasnosti. Najjednostavniji način utvrđivanja da gas curi je pomoću čula mirisa, jer ovaj industrijski gas ima karakterističan miris. Prema standardu, prisustvo gasa se mora osetiti već pri jednoj petini koncentracije koja je granica donje eksplozivnosti gasa. Taj neprijatni miris (zagađenost gasa) postiže se u toku proizvodnje, dodavanjem izvesne količine sredstva za odorizaciju, a to je najčešće etil-merkapan (C_2H_5SH). Inače sam gas je bez boje, ukusa i mirisa i zbog toga se vrši njegova odorizacija, a instalacija se proverava na zaptivenost sa penušavim sredstvom koje ne reaguje na gas i nije zapaljivo.
Temperatura paljenja ovih gasova je znatno viša od temperature paljenja acetilena. Najviša temperatura plamena sagorevanja (sa vazduhom) je oko 1900°C. Ova smeša sa vazduhom stvara eksplozivne smeše koje se lako mogu zapaliti. Na svu sreću, u odnosu na druge zapaljive gasove, granice eksplozivnosti smeše TNG-a su veoma uske: od 2 ÷ 9 % za smešu propan-butan 35:65; za čist propan od 2,1 ÷ 9,5%, a za butan od 1,9 ÷ 8,5%. Temperatura plamena samog propana je 2526°C.
Sastav tečnog naftnog gasa je sezonski promenljiv. Kod nas se veoma dugo koristila smeša sastava 35% zapremine propana i 65% butana.

Prema novom SRPS-u:

- u zimskim mesecima ova smeša treba da sadrži 75% propana i 25 % butana,
- u prelaznim mesecima sastav treba da bude 45 % propana i 55% butana
- a u letnjim mesecima 12% propana i 88% butana.

U toplijem podneblju je udeo propana manji: u Grčkoj i Turskoj se koristi smeša sa 20% propana i 80 % butana, a u Nemačkoj smeša od 70% propana i 30 % butana (sa tendencijom da se koristi 100%-ni propan koji za sagorevanje troši manje kiseonika za sagorevanje) itd. Interesantno za vozače je da toplotna moć propana je nešto niža u odnosu na benzin što uzrokuje nešto veću potrošnju u automobilima. Sa povećavanjem procenta butana raste i toplotna moć smeše.



Slika 1/1: Gasno plameno rezanje

Najčešće do eksplozije dolazi usled nestručnog rukovanja i manipulisanja sa ovim gasom zbog nepoznavanja osnovnih karakteristika smeše propan-butan. Specifična težina ovog gasa je približno dva puta veća od vazduha. To znači da se ovaj gas zadržava u donjem delu prostorije i da lako ispunjava udubljenja i prostore koji su ispod nivoa okolnog terena, stvarajući sa vazduhom kritičnu eksplozivnu smešu u dužem vremenskom periodu. Zbog tog su u stambenim objektima najugroženiji podrumski prostori.

Pri normalnim uslovima, propan-butan gas se nalazi u gasovitom stanju, dok pri povećanju pritiska ovaj gas prelazi u tečno stanje. Tako da se od 1 litra tečnog propana nastaje oko 290 litara gasne faze. Pri povećavanju temperatura pritisak u sudu brzo raste, tako da se pri proračunu sudova mora uzeti u obzir ova njegova osobina.

Tečna faza propana ima visoki koeficijent prostornog širenja, odnosno pri povećanju temperature propan se širi za 16 puta više nego voda i za 3,2 puta više nego petrolej (kerozin), a butan za 11 puta, odnosno 2 puta više od petroleja. Zbog ove osobine se u sudovima mora uvek ostavljati slobodan prostor za gasnu fazu (najčešće je to 20% zapremine suda pa i više u zavisnosti od povećanja temperature).

Ovaj gas zbog svoje niske temperature u primarnom plamenu se ne koristi za zavarivanje, ali je našao veliku primenu u rezanju i predgrevanju. Međutim zbog svoje osobine da prilikom rezanja ili predgrevanja okolni materijal postaje vidljivo vlažan zbog kondenzacije vodene pare koja je sastavni deo procesa sagorevanja, za napregnute zavare konstatuje se sledeće:

- zabranjeno je rezanje, odnosno priprema šavova za zavarivanje, sa propan-butanom, da bi se odmah nakon toga zavarivalo.

1.2.4. HGKS propan

HGKS - 3 je novi proizvod na tržištu koji se daje propanu u cilju povećavanja performansi, stvarajući mešavinu. Jedan litar HGKS se približno dodaje na 300 litara propana i dobija se mešavina koja je po svojim performansama rezanja metala jako slična acetilenu. Ova mešavina ima 15% veću temperaturu plamena u odnosu na propan, a sa druge strane manje koristi kiseonik za svoje sagorevanje i kao i kod drugih naftnih gasova, rez je čistiji sa manje šljake u odnosu na acetilen.

1.2.5. Vodonik

Boja boce je crvena prema SRPS EN 1089-3 RAL 3000.

UPOZORENJE !!!
Vodonik **Sagoreva bledo žutim, gotovo nevidljivim plamenom u vazduhu na dnevnom svetlu, pa se dešava da ljudi uđu u plamen, a da ga nisu videli!!!**

Međunarodni odgovarajući transportni naziv vodonika je „HYDROGEN, COMPRESSED". Kada je reč o vodoniku, ovaj gas je providan, bez boje mirisa i ukusa,u vodi se ne rastvara, zagušiv, jer istiskuje kiseonik. Nalazi se na prvom mestu u periodnom sistemu hemijskih elemenata, sa samo jednim protonom i jednim elektronom, bez neutrona. Granica njegove eksplozivnosti se kreće u sledećim granicama: u suvom vazduhu donja granica eksplozivnosti je 4,1% (zapreminski), a gornja granica je 74,2% odnosno svega 3,3 do 64 grama/m^3. U suvom kiseoniku (zapreminski) donja granica je 4,7% a gornja granica 93,9%, Maksimalna temperatura stihiometrijskog plamena je 1930ºC u vazduhu, dok je temperatura plamena vodonika približno 2650ºC. U vazduhu je zapaljiv na 400ºC. Tačka samozapaljivosti 570ºC.

Odnos specifične težine sa specifičnom težinom vazduha je 0,0899 što znači da je 14 puta lakši od vazduha. Vodonik se dobija iz elektrolize vode, koji je još uvek relativno skup proces, i reakcijom natrijuma i vode koja je izuzetno burna uz naglo oslobađanje toplote. Da bi sprečila ova burna reakcija dodaju je natrijumu kristali silikata. Maksimalna dozvoljena sadržina kiseonika u vodoniku ne sme prelaziti 0,5%.

Najveći problem kod ovog gasa je što on zauzima ogroman prostor.

Primer: Na pritisku od 1 bar, i 15ºC, 454 grama gasa zauzima 5,5 m^3 prostora dok ista količina gasa na pritisku od 1400 bar i -262ºC zauzima 5,5 litara zapremine i nalazi se u tečnom stanju. To je bliska temperatura temperaturi apsolutne nule, pa je do tečnog vodonika jako teško doći uz pomoć jako skupe opreme. Samim tim za nas na gradilištu to i nije naročito interesantno.

Tabela za pretvaranje fizičkih vrednosti vodonika:

$$1\ m^3 = 0{,}082\ kg = 1{,}163\ l$$
$$1\ kg = 12{,}12\ m^3 = 14{,}10\ l$$
$$1\ l = 0{,}859\ m^3 = 0{,}071\ kg$$

Sagorevanjem vodonika se ne dobija CO_2 nego samo vodena para i toplota, pa je stoga to idealan ekološki gas. Pored toga vodonik nije korozivan pa se može čuvati u sudovima od različitih materijala, pod uslovom da su sudovi projektovani za određeni pritisak.

Gasoviti vodonik sagoreva bledo žutim, gotovo nevidljivim plamenom na dnevnom svetlu i kao takav je izuzetno opasan jer se dešava da radnik uđe u plamen ne znajući da on postoji. Podešavanje ovakvog plamena je izuzetno teško jer se ne vide spoljne ivice plamena. Vodonik se koristi najviše u industriji stakla, obradi dragog kamenja i za rezanje i za zavarivanje. Vodonik se najčešće koristi za zavarivanje i rezanje olova, kao i za rezanje čelika.

Mlaznice koje se koriste za acetilena mogu se koristiti i za vodonik.

U manjim ili većim količinama vodonik se nalazi u svim gorivim gasovima. Što je veća količina vodonika u gasu, niže su njegove toplotne karakteristike, niža je temperatura paljenja, a viša gornja granica eksplozivnosti.

Zapremina boce	Količina gasa u boci u kg		
	150 bar	200 bar	300 bar
40 litara	0,464	0,6	-
50 litara	0,580	0,75	-

Tabela 9/1: Količina gasa u boci vodonika u kilogramima u odnosu na zapreminu i pritisak punjenja

1.2.6. Prirodni (Zemni) gas

Gas dobijen direktno iz zemlje je uglavnom prirodni gas ili kako se još zove - zemni gas, odnosno močvarni gas. Najprihvatljivija teorija nastanka ovog gasa je da je nastao kao posledica izumiranja mikroorganizama. Nalazi se u utrobi zemlje na dubinama i do 10000 m i pritiscima i do 400 bar. Hemijski sastav zemnog gasa zavisi od bušotine do bušotine, ali osnovna karakteristika je da je sastavljen od metana 77-98%, a ostalo su primese etana, propana, butana. Sem ovih ugljovodonika zastupljen je još ugljen-dioksid, vodonik sulfid, azot i ponekad helijum. U svom sastavu ne sadrži vodonik, ugljen-monoksid i kiseonik.
Prirodni gas potpuno sagoreva bez štetnih ostataka kao što su pepeo, čađ, ugljen-monoksid ili sumpor-dioksid, što je veoma značajno za čovekovu radnu sredinu. Dobra osobina prirodnog gasa je što se vrlo lako dovodi do potrošača i nije mu neophodna posebna priprema, a uz to i nije neophodan prostor za skladištenje. Najčešći sastav prirodnog gasa koji je kod nas u upotrebi je sledeći:

Metan	CH_4	89,48%
Etan	C_2H_6	7,12%
Azot	N_2	2,00%
Ugljen-dioksid	CO_2	0,08%
Propan	C_3H_8	0,70%
Butan	C_4H_{10}	0,62%
Ukupno		100%

Tabela 10/1:
Približni hemijski sastav prirodnog gasa

Suvim prirodnim gasom se naziva gas koji sadrži teške ugljovodonike (reda propana i više) manje od 50gr/m^3, odnosno 0,0134 dm^3/m^3.
Mokri prirodni gas je onaj koji sadrži više od 0,04 dm^3/m^3 teških ugljovodonika, i dobija se iz naftnih bušotina.
Gasovi dobijeni iz kondenzacionih bušotina su smeše suvih gasova i parnih kondenzata koji se talože pri smanjenju pritiska. Pare kondenzata su smeše pare teških ugljovodonika pentanovog reda i više.
Najveća brzina sagorevanja, odnosno rasprostranjenost plamena je kada smeša sa vazduhom sadrži 9,8% metana.
Temperatura samozapaljivosti prirodnog gasa je oko 640^{O}C.
Zapreminska težina prirodnog gasa prosečno je 0,717 kg/Nm^3, a specifična težina (u odnosu na vazduh) 0,554 kg/Nm^3.
Pri atmosferskom pritisku i temperaturi od -161^{O}C prelazi u tečno stanje. Kalorična moć metana je 35756 KJ/m^3 ili 8540 kcal/m^3. Donja granica eksplozivnosti i u smeši sa vazduhom mu je 5,3%, a gornja je 15% (zapreminski, a ne težinski).

PODSETNIK!

PRIRODNI GAS
se ne koristi za zavarivanje čelika zato što je njegov primarni plamen sa relativno niskom količinom toplote u sebi!!!

1.2.6.1. Metan

Najvažniji deo prirodnog gasa čini metan. Metan je značajno lakši od vazduha sa svojom specifičnom težinom koja je oko 0,7 kg/m^3. Metan je ugljovodonik i prirodni gas koji nije otrovan. Metan je bez boje, mirisa i ukusa. Stoga mu se dodaje jak odorans pod nazivom etil-markaptan, koji ima za cilj da sa svojim mirisom signalizira postojanje prirodnog gasa pre nego što dođe u koncentraciju koja je dovoljna za eksploziju.
Metan sagoreva sa plavim plamenom pri čemu se izdvaja voda, CO_2 i toplota. Tačka paljenja mu je relativno niska i iznosi 480^{0}C. Najviša temperatura plamena zemnog gasa je približno 2750^{0}C.
Metan ima oktanski broj 140, propan-butan smeša 111, dok benzin ima 95-99. Kao takav je pogodan za pokretanje automobila. Komprimovan metan nosi međunarodnu oznaku CNG. U automobile se ugrađuje najčešće jedna, dve ili tri boce male zapremine. U varijanti tri boce po 27 litara pritiska 200 bara staje 12,5 kg metana što je dovoljno za gradsku vožnju od oko 250 km.

Inače metan se u visoko razvijenim zemljama proizvodi u tečnom stanju sa velikom čistoćom, 90-100%. Tečni metan ima oznaku LNG. Ovakav metan se doprema kriogenim cisternama, specijalno namenjenih za tu svrhu. Postoje čak i brodovi koji dopremaju tečni metan na udaljena mesta.

1.2.7. Koksni gas

U grupu gasova dobijenih iz uglja razlikujemo sledeće vrste gasova:

- Koksni gas
- Generatorski gas (mešani gas)

Gradski gas

Najčešći sastav koksnog gasa	
H_2	59%
CH_4	24%
CnHm	2%
CO	8%
CO2	2,4%
O_2	0,6%
N_2	4%
UKUPNO	100%

Tabela 11/1: Najčešći sastav koksnog gasa

Pri termičkoj preradi čvrstih goriva u zavisnosti od načina prerade dobijamo generatorski gas. Suva destilacija čvrstog goriva (uglja) predstavlja proces termičkog razlaganja, koji protiče bez prisustva vazduha. U toku procesa zagrevanja 900-1100ºC, gorivo prolazi kroz razne stadijume fizičkohemijske transformacije, a kao krajni rezultat razlaganja dobijamo koksni gas, smolu i koks.

Koksni gas predstavlja smešu uglavnom vodonika, metana i ugljen-monoksida, koji se dobija pri suvoj destilaciji koksnog uglja u suvim baterijama. Ovaj gas zbog ugljen-monoksida je izuzetno toksičan, jer je dovoljno da samo jako mala količina ugljen-monoksida bude prisutno u vazduhu za disanje, pa da postane smrtonosan. Ugljen-monoksida u koksnom gasu ima 8-12%, a smrtno opasna koncentracija je 1,28% u vazduhu u vremenskom trajanju od 1 do 2 minuta. Ugljen-monoksid ima specifičnu težinu 1,26 kg/m^3 na temperaturi od 0ºC što znači da je teži od vazduha i da se zadržava pri podu, što povećava opasnost od njega. Sa porastom temperature specifična gustina opada pa je na standardnih 15ºC već 1,16 kg/m^3, što znači nešto niži od vazduha.

Ugljen-monoksid je otrovan već u malim koncentracijama, pa tako smrtna doza za čoveka je 1000-2000 ppm (odnosno 0,1-0,2%) u trajanju od 30-40 minuta, a sa većim koncentracijama smrt nastupa za 1-2 min.

<table>
<tr><th>Koncentracija ugljen-monoksida</th><th>2 minuta</th><th>5 minuta</th><th>15 minuta</th><th>40 minuta</th><th>120 minuta</th></tr>
<tr><td>0,02%</td><td colspan="4"></td><td>glavobolja</td></tr>
<tr><td>0,04%</td><td rowspan="3"></td><td colspan="2"></td><td>glavobolja</td><td>Vrtoglavica</td></tr>
<tr><td>0,08%</td><td></td><td>glavobolja</td><td>Vrtoglavica, mučnina grčevi</td><td>Smrt</td></tr>
<tr><td>0,16%</td><td>glavobolja</td><td>Vrtoglavica, ubrzan rad srca, mučnina</td><td colspan="2">Smrt</td></tr>
<tr><td>0,32%</td><td>glavobolja</td><td>Vrtoglavica, mučnina</td><td colspan="3">Smrt</td></tr>
<tr><td>0,64%</td><td>Vrtoglavica, konvulzije</td><td colspan="4">Smrt</td></tr>
<tr><td>1,28%</td><td colspan="5">Gubitak svesti i smrt za 1-2 minuta</td></tr>
</table>

Tabela 12/1: Dejstvo ugljen-monoksida na čoveka

Bez obzira na svoje opasnosti našao je široku primenu metaluškim kombinatima dalekog istoka zbog energetske efikasnosti. Ovaj gas zbog svoje niske toplotne moći koristi se za rezanje i površinsko kaljenje. Do mesta izvođenja radova transportuje se gasovodima niskog pritiska 5-20 mbar. Neposredno pre korišćenja može se pritisak povećati pomoću posebnih gasnih duvaljki do pritiska 1-1,5 bar.
Problem kod transporta ovog gasa su smolaste materije i naftalin. Ove materije se kondenzuju na zidovima cevovoda i gorionika i mogu dovesti do začepljenja. Pored toga sumporna jedinjenja nagrizaju bakarne cevovode i gorionike. Stoga se kod koksnog gasa koriste gorionici od mesinga ili sivog liva.
Kod nas upotreba koksnog gasa je retka, tako se ne koristi ni u železari gde je ovaj gas nus-produkt. U svetu se on uveliko koristi jer je njegova cena je nekoliko desetina puta jeftinija od acetilena, a kada se uzme da je nusprodukt, onda postaje jasno koliko je njegova prednost u odnosu na druge gasove.

PODSETNIK!

Nemojte koristiti creva za zavarivanje za izvlačenje materijala umesto užeta.

Ovaj gas se zove još i pećni gas i on je izuzetno otrovan. Pošto je bez mirisa i ukusa, ne može se osetiti njegovo prisustvo. Osoba koja je počela da udiše ovaj gas, kada se smrtno otruje osetiće ukus čokolade na ivici usana. To je znak da je preostalo još jedan do dva minuta života. Na visokim pećima u železarama postoje posebne „sveće“ koje služe da registruju kada količina pećnog gasa pređe preko ivice peći. Tada se sveće gase zbog nedostatka kiseonika i aktivira se alarm.

1.2.7.1. Generatorski gas

Proces gasifikacije uglja se odvija u specijalnim aparatima koji se nazivaju gasni generatori. Ako procesu koji se odvija u gasnom generatoru dodamo smešu vazduha i pare dobijamo generatorski gas koji nazivamo mešani gas.

Najčešći sastav generatorskog gasa	
H_2	14%
CH_4	1%
H_2S	0,2%
CO	28%
CO_2	6%
O_2	0,2%
N_2	50,6%
UKUPNO	100%

Tabela 13/1: Najčešći sastav generatorskog gasa

Vodeni gas dobijamo putem periodičnog produvavanja generatora vazduhom i vodenom parom. Kada dodajemo vazduh, sloj uglja akumulira toplotu, pa uz poboljšanje sagorevanja i pri ulazu vodene pare obrazuje se vodeni gas. Ovaj vodeni gas nije interesantan za rezanje, zbog male toplotne moći i dugog predgrevanja materijala, ali se može koristiti za zagrevanje i kaljenje.

1.2.8. Gas iz naftnih škriljaca

Ovaj gas se koristi u zemljama koje su bogate naftnim škriljcima. Ovaj gas se koristi pretežno za domaćinstva, a za nas je malo interesantan jer se može koristiti za pojedine obrade gasnim plamenom i zagrevanje. Najčešću primenu ovaj gas ima u zemljama bivšeg SSSR-a.

1.2.9. Benzin, benzen, petroleum i dizel

Benzin je isparljiva i lakozapaljiva tečnost koja se dobija destilacijom nafte. Benzin se lako pali u smeši sa kiseonikom ili vazduhom. Pare benzina su otrovne, i ako se duže udišu izazivaju glavobolju i vrtoglavicu. Benzin se koristi za kiseonično rezanje, takođe u zemljama bivšeg SSSR-a. Za razliku od njega petroleum za rezanje je manje opasan jer je manje eksplozivan i manje zapaljiv.

Temperatura srednje zone kiseonično-benzinskog plamena iznosi 2500-2600^{0}C, dok je petrolejsko-kiseoničnog plamena je temperatura 2450-2500^{0}C. U nekoj ruskoj literaturi moći ćete pronaći da je maksimalna temperatura plamena benzina je 2400^{0}C, a petroleuma je 2300^{0}C. Ove različite temperature su posledica ispitivanja različite čistoće benzina i petroleuma. Nemojte mešati sagorevanje benzina i petroleuma u vazduhu sa sagorevanjem u kiseoniku. Da se podsetimo: u kiseoniku organske materije sagorevaju 60-struko brže nego u vazduhu.
Benzin je eksplozivan u vazduhu u 0,7-6,0%, a u kiseoniku u 2,1-28,4%. Potrošnja kiseonika je približno za benzin oko 2,5 m^3/kg benzina, a za petroleum oko 2 m^3/kg petroleuma.
Ovi gasovi-zamenici acetilena s obzirom na nisku maksimalnu temperaturu u srednjoj zoni plamena koristi se za zavarivanje olova i stakla, za gasno lemljenje, površinsko kaljenje i zavarivanje tankih čeličnih limova.
Petroleum se koristi za lemljenje, kaljenje i zagrevanje radi savijanja-ispravljanja kao i za rezanje sa inovativnom opremom.
Jedan od načina da bi se koristile ove tečnosti zahteva posedovanje posebne aparatura sa isparivačima, na koje se u radu gubi vreme za njihovo zagrevanje, čišćenje, montažu i sl. Bez obzira na to i dalje su negde najuniverzalnija zamena za acetilen. Potrošnja kiseonika za predgrevanje materijala kod benzina i potroleuma, pre početka rezanja je 2,5 puta veća nego kod acetilena. Ukoliko se u radu utvrdi da je nedovoljan pritisak gorivog gasa onda se moraju ugraditi i posebni duvači, koji će povećati protok i pritisak gorivog gasa.
Rezanje sa petrolejom ili dizelom spada u inovativne tehnike, jer se ne koriste specijalni isparivači, nego se isparavanje obavlja neposredno u samom nosaču gorionika, a do njega se crevom dovodi petrolej ili dizel u tečnom stanju. Pogledajte deo 3.4. koji se odnosi na opremu za rezanje dizelom, petrolejom, benzinom i benzenom. Bez obzira na malu brzinu rezanja, povećanog vremena predgrevanja i povećane potrošnje kiseonika, rezanje sa benzinom ili petrolejom ostvaruje značajnu uštedu novčanih sredstava.

1.2.10. MAPP gas

Metilacetilen-propadien, odnosno smeša metilacetilena i propadijena (C_3H_4 - trgovački naziv MAPP ili FLAMEX) je gas čija je maksimalna temperatura plamena 2927^{0}C. Pandam ovom gasu je Ruski gas MAF (metilacetilen-allen). Znači u pitanju je isti gas koji se proizvodi u Evropi i Belorusiji za potrebe ovih tržišta. Po svojim performansama je jako sličan acetilenu, s tom razlikom što oslobađa znatno veću količinu toplote u sekundarnom plamenu. Specifična gustina u odnosu na vazduh (ρ/ρ_{vaz}) je nepovoljna i iznosi 1,48 pa nije pogodan za rad u zatvorenim prostorima i mestima ispod površine zemlje jer se skuplja pri podu.
Tačka samozapaljivosti ovog gasa je 455^{0}C. Granica eksplozivnosti u kiseoniku se kreće u rasponu od 2,5-60%, dok na vazduhu je 2,5-11%, što ga svrstava u grupu gasova sa srednjom zonom zapaljivosti. Oprema koja se koristi za prevoz, čuvanje i skladištenje je ista kao za propan, odnosno smešu propan-butana. Legura za svu armaturnu opremu, koja se koristi za ovaj gas, ne može imati u svom sastavu više od 60% bakra.
MAPP gas kod nas je vrlo redak, nema ga u klasičnoj distribuciji tehničkih gasova, izuzev kada se specijalno naruči, pa mu je i cena stoga specijalna. MAPP gas se kod nas kupuje u specijalizovanim prodavnicama za vodovod i grejanje u manjim ručnim bocama, zgodnim za lemljenje. Ukoliko budete radili u nekoj od zemalja Komolvelta (područje engleskog govornog jezika), tamo ćete pronaći ovaj gas u različitim pakovanjima, koji je nekada bio jedan od primarnih.

1.2.11. Grison (GRIESON®)

Grisom je gas na bazi etilena sa visokim performansama. Maksimalna temperatura plamena je 2950^{0}C. Grisom je gas koji je nešto lakši od vazduha (odnos specifične težina sa specifičnom težinom vazduha mu je 0,9749). Kao takav je jako pogodan za rad u zatvorenim prostorima, kao što su brodovi, rezervoari, komore, ispod nivoa tla kao što su šahte i slično. Jedna od važnih osobina ovog gasa je što on ima malu potrošnju kiseonika, a visoko energetsku vrednost plamena. Grisom je gas koji se može uskladištiti i prenositi u kriogenim rezervoarima. Kod nas njegovu distribuciju vrši MESSER.

1.2.12. Propilen (C_3H_6)

Međunarodna oznaka za transport ovog gasa je PROPYLENE. U prodaji se može pronaći pod sledećim trgovačkim nazivima:

- Apachi
- UCON-96
- HPG
- Go Gas
- FGL
- Presto-Lene
- B Plus
- NCGT-9 itd.

Propilen je tečni ugljovodonik dobijen iz nafte, koji je stabilan u normalnim uslovima korišćenja pri pojavi potresa, vibracija, pri normalnom pritisku i temperaturi. Kao takav je daleko povoljniji od acetilena. Pojava nestabilnosti se javlja na visokoj temperaturi ili pritisku, do kojih dolazi samo u ekstremnim uslovima, na pritisku od 46,2 bar ili 90°C. Odnos specifične težine propilena i vazduha je 1.48, što govori da je propilen teži od vazduha.
Prilikom rada sa ovim gasom postoje materijali sa kojima treba izbegavati kontakt. To su nitrati, perholati, azotovi oksidi uključujući azot dioksid, azot oksid i azot tetraoksid. Takođe može snažno da reaguje sa oksidacionim sredstvima. Sa druge strane mnogi materijali postaju krti nakon kontakta sa utečnjenim propilenom i mogu popustiti bez znakova upozorenja.
Ovaj gas se retko koristi za zavarivanje, prevashodno za rezanje metala. Rad sa njim je mnogo lakši nego sa acetilenom, pa je pogodan za rad početnika. Zbog manje temperature plamena se zahteva duže vreme za predgrevanje. Ovaj gas reže čelik istom brzinom kao i MAPP gas. Još jedna prednost ovog gasa je u tome što on značajno manje ostavlja šljake nakon rezanja u odnosu na acetilen. Po svojim karakteristikama je sličan propanu. U odnosu na acetilen njegova potrošnja je mnogo manja, a uz to, boca koja nema u sebi rastvarač traje znatno duže. Sa druge strane potrošnja kiseonika je znatno veća kod propilena nego kod acetilena. Nas interesuje i to što je mogućnost izvlačenja propilena iz boce značajno veća nego kod acetilena, što omogućava veći protok gasa kroz instalaciju. Razlog za to je što acetilen je rastvoren u acetonu, pa mu treba vreme da se oslobodi, za razliku od propilena koji lako prelazi u gasovito stanje. Ovaj gas ima i prednost u odnosu na druge gasove što ima veliku toplotu u sekundarnom plamenu, pa se koristi za predgrevanje debelih elemenata.
Prilikom sagorevanja ovaj gas oslobađa ugljen-monoksid, ugljen-dioksid i ugljovodonike male molekulske težine. Ukoliko se pojavi nesagoreli ugljen-monoksid to onda predstavlja ozbiljnu pretnju po život radnika koji radi sa ovim gasom. Da bi se sa sigurnošću radilo i da bi se obezbedila stabilnost i kompatibilnost, mora se pažljivo odabrati i periodično testirati oprema, zaptivke i prostorije u kojim se izvode radovi.
Još jedna od opasnosti korišćenja ovog gasa je kontakt sa vodom. Utečnjen gas može da eksplodira pri dodiru sa toplom vodom (45°C - 75°C). Na svu sreću, tečni gas se uvek nalazi u boci. Van boce izlazi samo gas, izuzev ako otvorena boca dođe u horizontalan položaj, tečnost iscuri u regulacioni ventil i kroz nezatvorenu instalaciju isteče na pod.
Uz to propilen može da se eksplozivno polimerizuje kada se zagreva ili kada je izložen vatri.
Ovaj gas ima u vazduhu donju granicu eksplozivnosti od 2% dok mu je gornja granica eksplozivnosti 11 %, što ga čini gasom sa malom zonom eksplozivnosti, dok u kiseoniku se kreće u rasponu od 2-53%, što je srednji raspon eksplozivnosti. Propilen ima tačku samozapaljivosti 455°C. Njegova maksimalna temperatura plamena je 2867°C. Uskladišten propilen se najčešće koristi utečnjen, tako da prilikom isparavanja mora se obezbediti da ne dođe do zapušavanja ventila sa ledom koji se formira zbog isparavanja tečnosti.
Ovaj gas se koristi kao sirovina u hemijskoj i petrohemijsku proizvodnji polipropilena, kopolimera propilena i slično. Koristi se za gasnu tehniku na američkom tržištu, dok kod nas se za rezanje retko koristi, na tržištu se ne može pronaći, sem u posebnoj porudžbini.
Propilen je MAPP gas gotovo u potpunosti istisnuo sa američkog tržišta jer su jako slični po svojim karakteristikama, a propilen je značajno jeftiniji zbog jednostavnije proizvodnje. U Americi propilen je jedno vreme se jako

malo koristio. Onog trenutka kada se desila eksplozija u najvećoj fabrici acetilena srednje Amerike, firme su bile prinuđene da se prebace na alternativna goriva. U toj konkurenciji je propilen izbio na prvo mesto u odnosu na druge gasove. Povratkom acetilena na tržište, nije smanjena potrošnja propilena.
Zbog svojih opasnosti u kontaktu sa vodom, ovaj gas treba izbegavati za korišćenje pre izvršene obuke radnika koji će raditi sa njim.

1.2.13. Vazduh

Oznaka na boci je svetlozelena boja, prema SRPS EN 1089-3 RAL 6018. Međunarodna oznaka AIR.
Osobine: Vazduh je nezapaljiv gas bez ukusa, boje i mirisa. Sastoji se od smeše gasovitih elemenata, sa nešto vodene pare, ugljen-dioksida i tragova nekih drugih sastojaka organskog ili neorganskog porekla. Za posebne primene u medicini postoje posebni i standardi za vazduh.

UPOZORENJE !!!

Regulacione ventile visokog pritiska, za vazduh i kiseonik, može popravljati samo stručno osposobljeno i ovlašćeno lice!!!

Vazduh se dobija prečišćavanjem (mehaničkim ili hemijskim) i komprimovanjem vazduha iz atmosfere. Ređe se dobija veštački mešanjem azota i kiseonika u prirodnom sastavu 78% azota i 21% kiseonika. Ima široku primenu u medicini, aero i astronautici, a za nas je bitan jer se mora koristiti prilikom izgradnje tunela, u rudnicima, na mestima gde je neophodno obezbediti nezavisan sistem disanja u specifičnim radnim toksičnim, biološkim i sl., pod vodom, za izolacione aparate, u pneumatskoj tehnici i opremi za disanje.
Vazduh se skladišti i transportuje u bocama od 150bar ili u tečnom stanju u izolovanim kriogenim rezervoarima kojima pritisak nije veći od 20bar. Vazduh se najčešće za rad sa plazma aparatima koristi iz okolne atmosfere i uz pomoć kompresora se povećava njegov pritisak i neophodni protok. Upotreba vazduha iz boca za plazma rezanje je samo u posebnim slučajevima kada dotok vazduha nije dovoljan za rezanje (rad u bunarima, kesonima, rudnicima i sl.). u takvim slučajevima radnik sa plazma aparatom mora biti snabdeven nezavisnim sistemom za disanje.
Tabela za pretvaranje fizičkih vrednosti:

1 m^3= 1,186 kg = 1,351 l
1 kg = 0,843 m^3 = 1,144 l
1 l = 0,740 m^3 = 0,874 kg

Vazduh se često koristi kao plazmeni gas iz razloga:
- relativno lako je dostupan i nema naknadnih troškova za kupovinu,
- vek trajanja potrošnih materijala opreme je prihvatljiv,
- kvalitet reza je prihvatljiv za većinu materijala, iako kod ugljeničkih čelika može doći do pojave nitracije (obogaćivanja površinskog sloja reza sa N_2), ili oksidacije (stvaranje visokooksidnog teškotopljivog sloja) koja se obično javlja na aluminijumu i nerđajućem čeliku.

1.2.14. Azot (N_2)

UPOZORENJE !!!

Boce ne smeju prenositi magnetima, niti se smeju kačiti sa kukom za njihove ventile.

Ozanka na boci je crna boja prema SRPS EN 1089-3 RAL 9005. Osobine:
Azot je glavni element u atmosferi u kojoj učestvuje sa približno 78%, bez boje, ukusa i mirisa, ne gori, ne potpomaže gorenje, nije toksičan i vrlo teško stupa u hemijske reakcije sa drugim elementima i jedinjenjima. Slab je provodnik toplote i elektriciteta i slabo se rastvara u vodi i u drugim rastvaračima. Azot je za čoveka inertan gas, jer ne utiče na hemijske procese u organizmu izuzev gušenja.
Azot se dobija kao i kiseonik u postrojenjima za razlaganje vazduha, kad se odstrani ugljen-dioksid i vlaga, tada se tečni vazduh razlaže na azot, kiseonik i argon. Najviše se azot koristi za proizvodnju amonijaka, u protivpožarnim aparatima, konzerviranju hrane, elektronskoj industriji, proizvodnji plastičnih masa itd.

Koristi se za brzo zamrzavanje hrane, jer u tečnom stanju na atmosferskom pritisku tačka ključanja mu je -196°C, u medicini za skidanje bradavica, i što je za nas bitno zamrzavanje tečnosti u cevovodima u cilju popravke ili zameni dela cevovoda, kao i za produvavanje cevovoda od zaostalih eksplozivnih i zapaljivih gasova.
Gasoviti azot se transportuje i skladišti u čeličnim bocama pritiska 150-200bara, a tečan se transportuje u dobro izolovanim rezervoarima. Boce su pojedinačne ili su u paletama sa zajedničkim ventilima.
Azot može da dovede do istiskivanja vazduha iz prostora i smanjenja koncentracije kiseonika, tada može da dođe do prekida disanja bez ikakvog upozorenja, niti nekih upozoravajući simptoma. Takođe je zbog niske temperature opasno udisati pare tečnog azota, ali opasan je i kontakt kože sa tečnim azotom. U gasnoj tehnici ovaj gas se najčešće koristi kod rezanja metala električnim lukom sa izduvavanjem azotom ili kod plazma rezanja.

Zapremina boce	Količina gasa u boci u kg		
	150 bar	200 bar	300 bar
40 litara	7,5	-	-
50 litara	9,4	12,,5	18,8

Tabela 14/1: Količina gasa u boci azota u kilogramima u odnosu na zapreminu i pritisak punjenja

1.3. Izbor gorivog gasa za rad!

Zavarivanje.

PODSETNIK!

Sve boce se po potrebi mogu transportovati u horizontalnom položaju izuzev boca acetilena.

Za zavarivanje se koriste acetilen, propilen i MAPP gas. Acetilen ima najtopliji primarni plamen i sa njim se mogu zavarivati preseci manji od 25 mm, a zbog osobine da ima koncentrisanu toplotu dobar je za zavarivanje tankih limova. Prema sposobnosti zavarivanje sledi MAPP gas i propilen. Zemni gas (metan) je najslabiji, odnosno daje najmanju količinu toplote u primarnom sagorevanju. Za njega kažemo da se sa njim i ne može zavarivati čelik. Od ostalih gasova često korišćen propan oslobađa veliku količinu toplote u sekundarnom sagorevanju pa se sa njim ne mogu zavarivati većina metala.
MAPP gas i Propilen zbog svojih osobina su odlični i za zavarivanje debljih komada čelika (neki industrijski odlivci aluminijuma, bakra i sivog liva se moraju zagrevati satima pre nego što se mogu zavariti), pa su pogodni i za zagrevanje velikih komada.

Rezanje.



Pošto propan oslobađa veliku količinu toplote, on je odličan za plameno rezanje čelika, čak je bolji od acetilena, pogotovo za rezanje debljih materijala.
Veliku sličnost sa propanom ima i butan. Kod nas se na tržištu može pronaći samostalno punjen propan i u smeši sa butanom. Obe varijante su pogodne za rad zbog cene. Sa druge strane i acetilen i MAPP gas su odlični gasovi za plameno rezanje, s tim što pri debelim presecima MAPP gas brže reže u odnosu na acetilen. Za njima dolazi propilen koji takođe ima odlične karakteristike. Metan može u nekim slučajevima da bude ekonomična zamena, jer je znatno jeftiniji. Primena vodonika za rezanje je sve veća u novije vreme zbog mogućnosti dobijanja vodonika i kiseonika, elektrolizom iz vode, potrebnih za sagorevanja. Najveća primena vodonika zasad je u rezanje čelika, uključujući čelike velikih debljina, jer se dobijaju vrlo kvalitetne rezne površine.

Zagrevanje.
Kod predgrevanja debelih limova treba izbegavati korišćenje propana i butana ili njihove smeše. Razloga za to je što ovi gasovi iako se koriste za isušivanje zavarivačkog žleba od vodene pare, oni baš to čini sa strane, pa stoga u sam šav se naknadno unosi prilično vodene pare. Svako ko je predgrevao sa TNG gasovima mogao je da vidi da vodena para, koja je produkt sagorevanja propana i butana, se kondenzuje sa strane, tako da lim izgleda kao da je pokvašen. Vodena para koja se nađe u žlebu u procesu zavarivanja se raspada i stvara se zaostali vodonik koji je jedan osnovnih uslova za stvaranje hladnih naprslina. Sa druge strane zagrevanje butanom radi montaže ili demontaže, odnosno rastavljanja i sastavljanja tvrdih sklopova je praktično najpogodnije, kao što je skidanje prirubnica sa vratila. Sa butanom se u kratkom vremenskom periodu postiže dovoljno visoka temperatura prirubnice, a da pri tome ne dođe do prenošenja toplote na vratilo. Zagrevanje se vrši od oboda sa laganim prilaskom prema vratilu. Kod skidanja velikih prirubnica (većih od 1m u prečniku), jedan brener za zagrevanje sa butanom postiže isti efekat zagrevanja kao što postižu istovremeno tri do četiri brenera sa acetilenom veličine gorionika br 8.
Važno je reći da ukupna potrošnja gasova je približno 75% iskorišćena za rezanje, manje od 10% na grejanje i ostatak na zavarivanje, metalizaciju, tvrdo i meko lemljenje, savijanje ispravljanje i slično.

1.3.1. Potrebna količina kiseonika za sagorevanje acetilena

Za primarno sagorevanje acetilena koristi se kiseonik iz boce, odnosno za sagorevanje 1 m^3 acetilena neophodno je 2,5 m^3 kiseonika. Za sekundarno sagorevanje koristi se kiseonik iz okolnog vazduha. Za potpuno sagorevanje acetilena troši se 40-50% kiseonika iz boce i 50-60% kiseonika iz vazduha. Ukoliko se radi na velikoj nadmorskoj visini trebaće nešto malo više kiseonika iz boce, zbog smanjenog procenta kiseonika u vazduhu, odnosno smanjenog parcijalnog pritiska kiseonika. Zavisno od odnosa acetilena i kiseonika, razlikuju se redukujući (manjak kiseonika), neutralni (potpuno sagorevanje) i oksidišući plamen (višak kiseonika).
Zavarivanje.
Za zavarivanje sa acetilenom kao gorivim gasom potrebno je koristiti odnos boca kiseonika prema acetilenu od 2:1, odnosno na jednu bocu acetilena odlazi 2 boce kiseonika. Međutim ako se koristi kiseonični plamen onda će se potrošiti 2,5 boca kiseonika prema jednoj boci acetilena. Za razliku od njega kod slaboredukućeg plamena pojaviće se mali višak kiseonika da bi se iskoristila u potpunosti boca acetilena. Ovaj proračun se odnosi na boce zapremine 40 litara i kiseonika (150 bar) i acetilena koji je standarno napunjen sa oko 8 kg acetilena.
Što se tiče proračuna količine potrošnje acetilena pri zavarivanju uzima se u obzir da je potrošnja acetilena kod levog postupka ide 100 dm^3/času (100 litara po času) za 1 mm debljine materijala, dok je kod desnog postupka povećana potrošnja acetilena i iznosi 150 dm^3/času za 1 mm debljine materijala.
Rezanje.
Teorijski za oksidaciju jednog kilograma gvožđa potrebno je 0,28-0,38m^3 kiseonika, u zavisnosti da li se gvožđe potpuno oksidiše do FeO ili Fe_3O_4 ili se jednim delom topi. Praktično u troski se nalaze oba oksida u odnosu koji zavisi od debljine čelika koji se reže i od režima rezanja. Deo materijala koji izlazi iz reza ostane neoksidisan (tečan metal), a sa druge strane deo kiseonika troši se na izduvavanje oksida iz reza. Ovo se naročito primećuje kod tankih materijala koji se režu. Kada se najviše kiseonika troši na oksidaciju, odnosno sagorevanje materijala, tada je najtanji rez i najmanja je potrošnja kiseonika u odnosu na površinu reza. Pri smanjenju potrošnje kiseonika povećava se sadržaj neoksidisanog gvožđa i povećava njegovo privarivanje niz donju ivicu, uz obrazovanje prokapljina. Stoga nije na odmet povećati malo potrošnju kiseonika kod rezanja debelih materijala, kako bi se smanjili režijski troškovi. Da zaključimo, prosečna potrošnja kiseonika za kod rezanja može da se iskaže kroz odnos boca kiseonika i acetilena i iznosi 3:1. Ponekad kada se režu jako prljavi materijali (nekoherentni po zapremini), viši je procenat potrošnje kiseonika.
Zagrevanje.
Kod zagrevanja potrošnja kiseonika i acetilena je približno ista kao kod zavarivanja.