

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 (oksidisući) 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. Razvijajući 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 neželjeznih 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 bronzne	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 leмова 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. Isporučka 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. Tvrđi 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 visokougleničnih čelika i livenog gvožđa termohemijskim postupkom	313
13.10.13. Rezanje visokougleničnih čelika i livenog gvožđa uklanjanjem oksida hemijskim postupkom	315
13.10.14. Rezanje visokougleničnih 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. Tvrdća prevlake i navara	348
17.0.4. Tvrdća 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. Step en 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 (grison-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_4H_{10})
 - 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

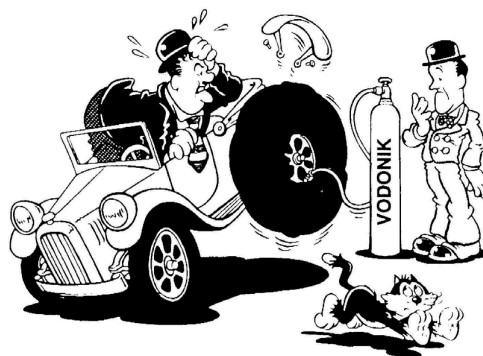
4. Prema specifičnoj težini:

- 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 sekundarnom plamenu
- Sam propan ima dobru toplotu u sekundarnom plamenu pa se koristi za rezanje.

PRE KORIŠĆENJA SVAKOG GASA
MORATE UPOZNATI NJEGOVE
OSOBINE I OPASNOSTI



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:

- Vodoniak je duplo brži od acetilena, a tri puta brži od MAPP gasa

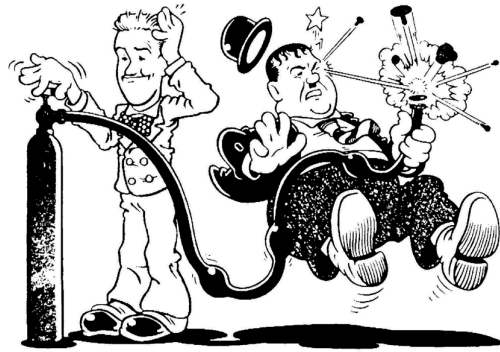
7. Prema potrošnji kiseonika iz boce. Redosled potrošnje je sledeći:

- 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 zavisi 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.

UVEK NOSITE ODGOVARAJUĆU ZAŠTITU
ZA OČI I LICE KADA RADITE SA GASOVIMA



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. Primease u gasovima mogu biti, voda ili vodena para, sulfid-vodonik, prašina, metalni opilci i slično. Gasovi koji se dobijaju industrijskim putem mogu sadržati i amonijak, cijanidna jedinjenja, ulja, masti, smole i sl. Primease u gasovima mogu smanjiti toplotnu moć gasova i preko 10%. Primeasa vode u gasovima ne bi trebalo da prelazi količinu zasićenosti u gasu i da se taloži na dnu sudova. Iz tog razloga gasovi koji

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.

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.

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 °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 °C to gas sadrži manje vlage. Kiseonik, azot ili argon u tečnom stanju obično imaju tačku rose od oko -68 °C, a komprimovani gasovi kvaliteta za zavarivanje u bocama uvek skoro imaju tačku rose -51 °C ili niže.

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

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 O₂ u CO₂” ili “10 ppm O₂ 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 povećanjem procenta vodene pare, otežava se rezanje i dolazi do zaleđivanja ventila boce i regulacionog ventila.

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.

PODSETNIK!

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

1.1.3 Specifična gustina gasova

Specifična gustina gasa se meri u kg/m³ na temperaturi od 15°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/ρ _{vaz} (-)
H ₂	0,0899	0,075
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
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

LAKŠI OD VAZDUHA



↓
TEŽI OD VAZDUHA

Tabela 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 (°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 x 10 ²	2.6418 x 10 ⁻¹
m ³	10 ³		10	3.5315 x 10 ¹	2.6418 x 10 ²
cm ³ (ml)	10 ⁻³	10 ⁻⁶		3.5315 x 10 ⁻⁵	2.6418 x 10 ⁻⁴
ft ³	2.8317 x 10 ¹	2.8317 x 10 ⁻²	2.8317 x 10 ⁴		7.4801
us gal	3.7854	2.8317 x 10 ⁻³	3.7854x 10 ³	1.3368 x 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 Nm³, a ponegde u literaturi se može pronaći i m³n, odnosno m³_n.

Normalno stanje nekog gasa određeno je sa:

- temperaturom od 0°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 (Sm³). Standardni kubni metar je određen sa:

- temperaturom od 15°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°C, a kod drugog 15°C.

Treća jedinica za merenje količine gasa je pogonski kubni metar (m³), 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 odoransi 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)**, $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$. 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**.

$$1 \text{ Mpa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

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

$$1 \text{ bar} = 0,1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa} = 0,986 \text{ Atm} = 14,51 \text{ PSI}$$

$$10 \text{ bar} = 1 \text{ MPa} = 9,86 \text{ Atm} = 145,1 \text{ PSI}$$

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 krajnje 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. Naprimera: 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.

Eksplzija 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 NO_x 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°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/m³).

$$1 \text{ kcal} = 4,186 \text{ kJ} \text{ odnosno } 1 \text{ kJ} = 0,239 \text{ kcal}, 1 \text{ MJ} = 239 \text{ kcal}$$

Zemni gas stvara samo 37-40 MJ/m³, acetilen 54,8 MJ/m³, dok propilen ima 88,3 MJ/m³ 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 (°C), kelvin (°K) ili faradej (°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
Q _{prim}	(MJ/m ³)	18,9	19,3	16,3	0,4	9,5
Q _{sek}	(MJ/m ³)	35,9	70,4	71,4	37	83,6
Q _{kupno}	(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°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°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 ₃ H ₈	0,32
Butan	C ₄ H 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
t _{max}	(°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 čeličnoj 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 $50 \times 200 = 10.000$ 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 ₂ O (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 ₂ O (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 tehnicima 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 nad pritisku 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 smeša 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 335°C, dok u smeši sa kiseonikom dovoljna je iskra koja ima temperaturu 297-306°C 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 240-280°C 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 (O₂)

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 15°C i atmosferskom pritisku gustina kiseonika iznosi 1,43 kg/m³ 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 gorućih 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 50°C 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 blede plave boje, providan, nešto teži od vode. Isparavanjem jednog litra tečnog kiseonika dobija se 860 litara gasovitog kiseonika na temperaturi od 20°C i atmosfersko pritisku od 1013mbar.

Tabela za pretvaranje fizičkih vrednosti za kiseonik:

$$1 \text{ m}^3 = 1,311 \text{ kg} = 1,147 \text{ litara}$$

$$1 \text{ kg} = 0,763 \text{ m}^3 = 0,876 \text{ litara}$$

$$1 \text{ litar} = 0,872 \text{ m}^3 = 1,142 \text{ kg}$$

UPOZORENJE !!!

**Kiseonik (O₂) je
izuzetno opasan gas!!!**

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 acetilonom, 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 koncentracijama 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 stihometrijskog 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 C₃H₈ i butan C₄H₁₀. 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, davanjem izvesne količine sredstva za odorizaciju, a to je najčešće etil-merkapan (C₂H₅SH). 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.

• VRSTE GASOVA I PLAMENA •

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/m³.

U suvom kiseoniku (zapreminski) donja granica je 4,7% a gornja granica 93,9%, Maksimalna temperatura stihometrijskog plamena je 1930°C u vazduhu, dok je temperatura plamena vodonika približno 2650°C. U vazduhu je zapaljiv na 400°C. Tačka samozapaljivosti 570°C.

Odnos specifične težine sa specifičnom težinom vazduha je 0,0899 što znači da je 14 puta lakši od vazduha. Vodoni 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 15°C, 454 grama gasa zauzima 5,5 m³ prostora dok ista količina gasa na pritisku od 1400 bar i -262°C 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:

$$1 \text{ m}^3 = 0,082 \text{ kg} = 1,163 \text{ l}$$

$$1 \text{ kg} = 12,12 \text{ m}^3 = 14,10 \text{ l}$$

$$1 \text{ l} = 0,859 \text{ m}^3 = 0,071 \text{ kg}$$

Sagorevanjem vodonika se ne dobija CO₂ 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. Vodoni se koristi najviše u industriji stakla, obradi dragog kamenja i za rezanje i za zavarivanje. Vodoni 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 ₂ H ₆	7,12%
Azot	N ₂	2,00%
Ugljen-dioksid	CO ₂	0,08%
Propan	C ₃ H ₈	0,70%
Butan	C ₄ H 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/m³, odnosno 0,0134 dm³/m³.

Mokri prirodni gas je onaj koji sadrži više od 0,04 dm³/m³ 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°C.

Zapreminska težina prirodnog gasa prosečno je 0,717 kg/Nm³, a specifična težina (u odnosu na vazduh) 0,554 kg/Nm³.

Pri atmosferskom pritisku i temperaturi od -161°C prelazi u tečno stanje. Kalorična moć metana je 35756 KJ/m³ ili 8540 kcal/m³. 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/m³. 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, CO₂ i toplota. Tačka paljenja mu je relativno niska i iznosi 480°C. Najviša temperatura plamena zemnog gasa je približno 2750°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 koksno gasa	
H ₂	59%
CH ₄	24%
C _n H _m	2%
CO	8%
CO ₂	2,4%
O ₂	0,6%
N ₂	4%
UKUPNO	100%

Tabela 11/1:
Najčešći sastav koksno 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 900-1100°C, gorivo prolazi kroz razne stadijume fizičko-hemijske 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 koksno gasa 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 koksno 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/m³ na temperaturi od 0°C 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 15°C već 1,16 kg/m³, 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.

Koncentracija ugljen-monoksida	2 minuta	5 minuta	15 minuta	40 minuta	120 minuta
0,02%					glavobolja
0,04%				glavobolja	Vrtoglavica
0,08%			glavobolja	Vrtoglavica, mučnina grčevi	Smrt
0,16%		glavobolja	Vrtoglavica, ubrzan rad srca, mučnina	Smrt	
0,32%	glavobolja	Vrtoglavica, mučnina	Smrt		
0,64%	Vrtoglavica, konvulzije	Smrt			
1,28%	Gubitak svesti i smrt za 1-2 minuta				

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 začepjenja. 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 ₂ S	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 prodivavanja 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°C, dok je petrolejsko-kiseoničnog plamena je temperatura 2450-2500°C. U nekoj ruskoj literaturi moći ćete pronaći da je maksimalna temperatura plamena benzina je 2400°C, a petroleuma je 2300°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 m³/kg benzina, a za petroleum oko 2 m³/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 acetylen. Potrošnja kiseonika za predgrevanje materijala kod benzina i petroleuma, 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

Metilacetylen-propadien, odnosno smeša metilacetilena i propadijena (C₃H₄ - trgovački naziv MAPP ili FLAMEX) je gas čija je maksimalna temperatura plamena 2927°C. Pandam ovom gasu je Ruski gas MAF (metilacetylen-allen). Znači u pitanju je isti gas koji se proizvodi u Evropi i Belorusiji za potrebe ovih tržišta. Po svojim performansama je jako sličan acetylenu, 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°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°C. Grison 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 energetska vrednost plamena. Grison je gas koji se može uskladištiti i prenositi u kriogenim rezervoarima. Kod nas njegovu distribuciju vrši MESSER.

1.2.12. Propilen (C₃H₆)

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

- | | |
|-----------|---------------|
| - Apachi | - FGL |
| - UCON-96 | - Presto-Lene |
| - HPG | - B Plus |
| - Go Gas | - 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 kruti nakon kontakta sa utečnjem 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 prinudene 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. Vaz-

duh 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:

$$1 \text{ m}^3 = 1,186 \text{ kg} = 1,351 \text{ l}$$

$$1 \text{ kg} = 0,843 \text{ m}^3 = 1,144 \text{ l}$$

$$1 \text{ l} = 0,740 \text{ m}^3 = 0,874 \text{ kg}$$

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 N₂), ili oksidacije (stvaranje visokooksidnog teškotopljivog sloja) koja se obično javlja na aluminijumu i nerđajućem čeliku.

1.2.14. Azot (N₂)

Oznaka 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.

UPOZORENJE !!!

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

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 produbljivanje 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 upozoravajućih 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.

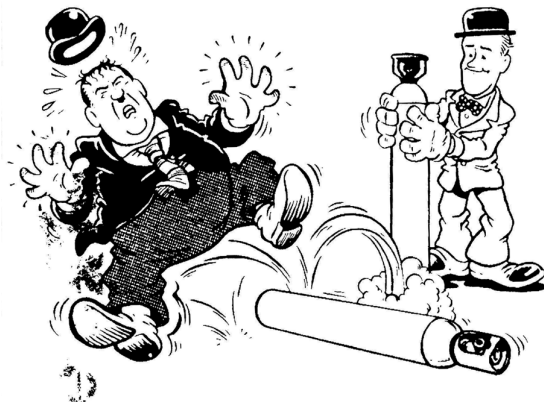
Za zavarivanje se koriste acetilen, propilen i MAPP gas. Acetilen ima najtopliji primarni plamen i sa njim se mogu zavarivati preseki manji od 25 mm, a zbog osobine da ima koncentrisanu toplotu dobar je za zavarivanje tankih limova. Prema sposobnosti zavarivanje sledi MAPP gas i propilen. Zemni gas (metan) 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 preseccima 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 nade 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 m³ acetilena neophodno je 2,5 m³ 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 standardno 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 dm³/času (100 litara po času) za 1 mm debljine materijala, dok je kod desnog postupka povećana potrošnja acetilena i iznosi 150 dm³/času za 1 mm debljine materijala.

Rezanje.

Teorijski za oksidaciju jednog kilograma gvožđa potrebno je 0,28-0,38m³ kiseonika, u zavisnosti da li se gvožđe potpuno oksidiše do FeO ili Fe₃O₄ 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 izduvanje 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.