BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Material* alumunium

Alumunium banyak digunakan dalam industri cor seperti pembuatan komponen otomotif dan komponen yang lainnya, karena alumunium mempunyai banyak sifat yang menguntungkan, diantaranya alumunium mempunyai ketahanan korosi dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Paduan alumunium diklasifikasikan dalam berbagai standar oleh berbagai negara. Paduan ini diklasifikasikan menjadi dua kelompok umum yaitu paduan alumunium tuang/ cor (*cast alumunium alloys*) dan paduan tempa (*wrought alumunium alloys*). Alumunium murni memiliki temperature lebur 660°C. Tabel 2.1. memperlihatkan properti dari alumunium (ASM International, 1979).

Tabel 2.1. Sifat fisik dan mekanik dari Alumunium

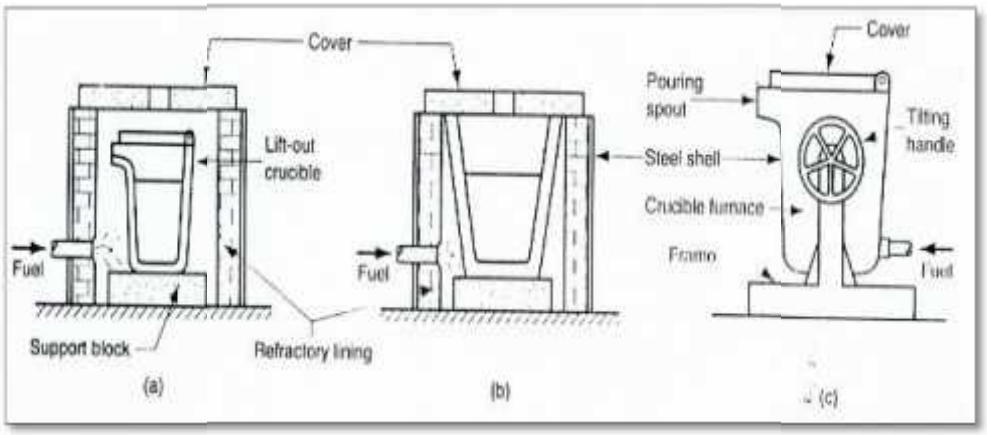
Sifat	Besaran British	Satuan Indonesia
Densitas	436,99 lb/ft ^{3}.	2,7 g/cm ^{3}.
Titik cair	1220 ^{o} F	660 ^{o} C
Kekuatan tarik	100000 – 80000 psi	689,5 – 5515,8 MPa
Titik luluh	5000 – 68000 psi	34,5 – 468,8 MPa
Modulus elastis	10.6 x 10 ^{6} psi	73,08 x 10 ^{3} MPa
Prosentase muai	14 – 15 %	14 – 15 %
Rasio Poisson (υ)	0.33	0,33
Tahanan jenis	3 x 10 $^{-6}$ Ω/ cm ^{3} .	28,2 n Ω.m.
Konduktivitas panas	130 Btu / hr/ ft/ ^{o} F.	237 W/m.K
Kapasitas panas (*C*')	0.23 Btu/ lb/ ^{o} F.	24,2 J/mol.K
Kekuatan tarik/densitas	10000 – 80000 in.	393,7 – 3149,6 mm

Sumber: ASM International, 1979

2.2. Tanur Krusibel

Tanur yang menggunakan bahan bakar solar sering disebut sebagai tanur krusibel. Prinsif kerja dari tanur krusibel ini adalah solar yang

disemburkan oleh udara dari *blower* dengan prinsif pipa venturi pada saat masuk ruang tanur akan menyala dan terus masuk ke dalam tanur. Api yang masuk kedalam ruang tanur tersebut akan memanaskan ruangan dalam tanur yang didalamnya ada pot sebagai penampung *material* yang akan dilebur. Dari panas ruang tungku tersebut akan merambat memanaskan pot dan *material* yang ada dalam pot setelah mencapai suhu lebur perlahan-lahan *material* dalam akan mencair. Posisi api yang disemburkan ke dalam tanur tersebut diletakan pada bagian samping tanur bagian bawah, hal ini dilakukan agar api yang disemburkan tersebut tidak bertabrakan dengan pot yang posisinya ada di tengah tanur.



Sumber: www.google.com/krusibel

Gambar 2.1. Jenis-Jenis Dapur Krusibel

Dalam gambar 2.1. ditunjukkan 3 jenis dapur krusibel yang biasa digunakan**:**

a. Krusibel angkat (*lift-out crucible*),

b. Pot tetap (*stationary pot),*

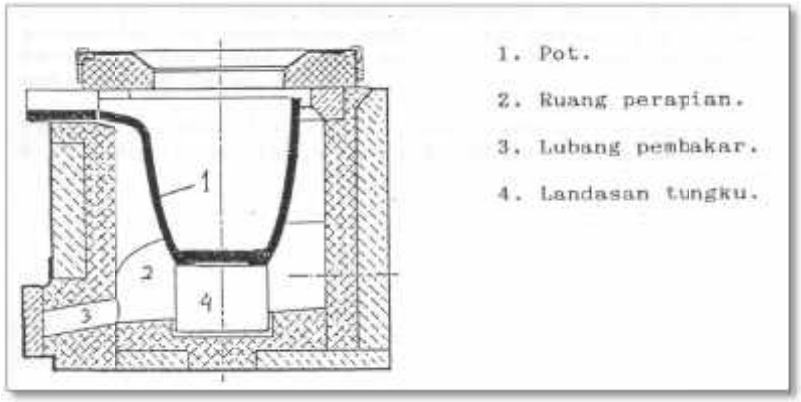
c. Dapur tukik (*tilting-pot furnance).*

Tujuan dari posisi peyemburan api yang ditempatkan di posisi samping dan bawah supaya api yang disemburkan bisa berputar dalam tanur dengan arah menuju ke bagian atas tanur, sehingga panas semburan api tersebut bisa merata di sekeliling dinding tanur. Apabila api yang disemburkan tersebut menabrak pot yang ada di dalam maka semburan api akan terpecah dan panas yang dihasilkan dalam ruangan tanur tidak merata, dan pot yang tertabrak angin secara terus menerus akan terkikis dan bocor sehingga umur pot jadi lebih singkat.

Sumber: www.google.com/krusibel

Gambar 2.2. Contoh Dapur Krusibel

Dalam gambar 2.2 dapur krusibel digunakan untuk pengecoran logam non-besi seperti perunggu, kuningan, paduan seng dan alumunium. Kapasitas dapur umumnya terbatas hanya beberapa ratus pound saja. Proses pengecoran dengan bahan bakar minyak tersebut, ada yang menggunakan bahan bakar minyak tanah. Proses pengecoran dengan menggunakan bahan bakar minyak tanah lebih mudah dan menggunakan peralatan yang lebih sederhana. Proses pengecoran yang dilakukan dengan menggunakan *burner*.



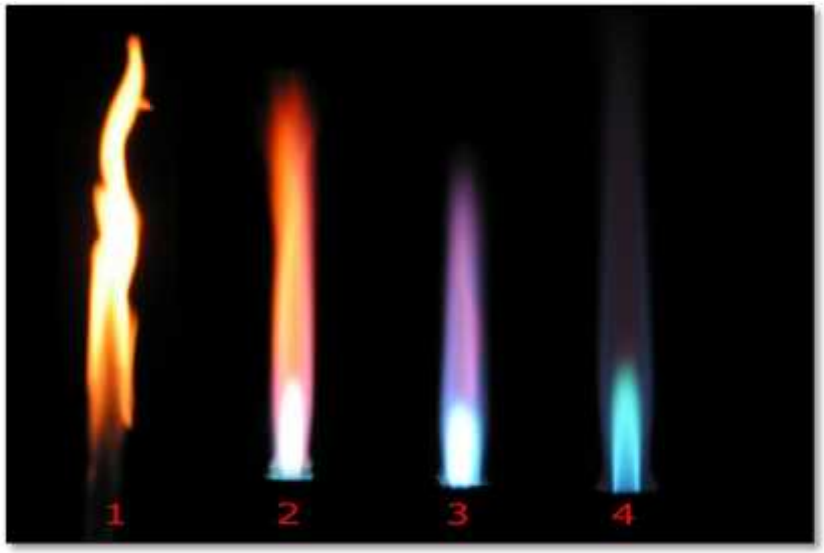
Sumber: www.google.com/krusibel

Gambar 2.3. Desain Pandangan Samping Dapur Krusibel

Dalam gambar 2.3 proses pengecoran dengan bahan bakar minyak tersebut, ada yang menggunakan bahan bakar minyak tanah. Proses pengecoran dengan menggunakan bahan bakar minyak tanah lebih mudah dan menggunakan peralatan yang lebih sederhana. Proses pengecoran yang dilakukan dengan menggunakan *burner*. Proses pengecoran menggunakan *burner* dengan bahan bakar minyak tanah hampir sama dengan tanur krusibel dengan menggunakan bahan bakar solar. Persamaannya adalah dalam proses peyemburan api dengan menggunakan udara bertekanan. Perbedaan prosesnya adalah perlakukan minyak tanah yang akan dibakar. Minyak tanah yang akan keluar dari mulut *burner* (nozel) tersebut, sebelumnya di panaskan terlebih dahulu dengan dilewatkan pada pipa yang dibuat berbentuk spiral dan mengelilingi api yang sebelumnya telah menyala atau dengan bantuan pemanasan awal dibakar menggunakan majun.

2.3. Proses Pengecoran Dengan *Burner*

Tanur krusibel dapat digunakan untuk pengecoran logam bukan besi mulai dari tembaga, kuningan, alumunium, dll. Dalam proses pengecoran tanur ini terdapat tiga jenis pengapian yang bisa dihasilkan dalam gambar 2.4 yaitu pengapian oksidasi, pengapian netral, pengapian reduksi.



Sumber: www.google.com/pembakaran

Gambar 2.4. Ke Kanan Reduksi Ke Kiri Oksidasi

2.3.1. Pengapian Oksidasi

Pengapian ini terjadi apabila perbandingan antara bahan bakar dan udara yang dihembuskan tidak sesuai, dimana prosentasi udara yang dihembuskan lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar yang diberikan. Kondisi ini dapat dilihat dari warna asap api semburan yang keluar dari mulut tanur bagian atas dengan warna putih. Kondisi tersebut dapat ditanggulangi dengan cara menabahkan kekurangan bahan bakar atau mengurangi tekanan udara yang disemburkan. Dalam proses pengecorannya pengapian ini merupakan

alternatif pilihan, karena pengapian ini lebih baik daripada pengapian reduksi.

2.3.2. Pengapian Netral

Proses pengapian netral merupakan peroses pengapian yang paling efisien, dimana perbandingan bahan bakar yang diberikan dan udara yang disemburkan seimbang. Pengapian netral menghasilkan panas yang tinggi karena bahan bakar yang diberikan dapat di dibakar dengan batuan O2 dari udara seimbang. Dengan perbandingan yang seimbang antara bahan bakar dan udara tersebut maka dalam proses pengecorannya tidak terlalu banyak menghasilkan asap, sehingga polusi yang dihasilkan sedikit. Proses pengecoran untuk menghasilkan pengapian netral sangat sulit untuk dicapai, hal tersebut disebabkan peralatan yang digunakan untuk pengaturan besar tekanan udara yang diberikan tidak presisi sehingga sangat sulit untuk mengatur besar tekanan yang dibutuhkan. Sebagai pilihan pengapian yang bisa dilakukan dengan memilih pengapian netral yang cenderung oksidasi, dimana pemberian udara pada proses pengecoran lebih banyak dibanding dengan bahan bakar yang diberikan.

2.3.3. Pengapian Reduksi

Pengapian reduksi merupakan pengapian yang paling buruk, karena apabila terjadi pengapian seperti ini, proses pengecoran bisa berlangsung sangat lama karena panas api yang dihasilkan rendah. Pengapian reduksi terjadi apabila dalam proses pengecoran tersebut perbandingan prosentase pemberian bahan bakar lebih besar

dibandingkan prosentase udara. Pengapian reduksi dapat dilihat dari asap api yang disemburkan yang berwarna hitam. Pengapian reduksi merupakan pengapian yang paling buruk, dimana dari pengapian ini menghasilkan panas yang rendah dan bahan bakar yang diperlukan jadi lebih banyak.

2.4. Bagian Perancangan

Bagian perancangan terdiri dari komponen komponen tungku pengecoran alumunium:

2.4.1. Drum

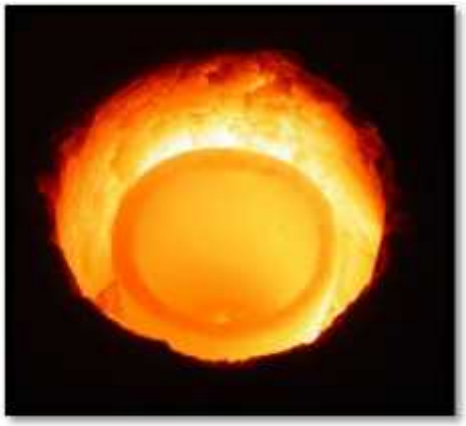
Tong bekas akan digunakan sebagai badan tungku yang nantinya akan dilapisi dengan campuran batu tahan api dan semen tahan api, dalam gambar 2.5. kontruksinya yang sesuai dengan rancang bangun tungku pengecoran menjadi alasan kami dalam memilihnya.

Sumber: www.google.com/daurulang

Gambar 2.5. Drum Bekas

2.4.2. Krusibel

Krusibel adalah tempat yang berbentuk menyerupai pot atau mangkuk digunakan untuk pengecoran bahan bukan logam.



Sumber: www.google.com/krusibel

Gambar 2.6. Kondisi Krusibel Saat Proses Pengecoran

Dalam gambar 2.6. krusibel adalah tempat yang berbentuk menyerupai pot atau mangkuk digunakan untuk pengecoran bahan bukan logam. Pot besi tuang dapat berfungsi selain pot pelebur juga sebagai pot penghantar panas. Dalam proses penggunaan pot ini sebelumnya pot tersebut harus dilapisi dengan grafit supaya tidak terjadi kontaminasi antara cairan yang dilebur dangan pot. Namun demikian komposisi, pelapisan, cara penanganan dan bentuknya harus betul – betul diperhatikan. Bahannya pun hanya terbatas pada BTK dan BTBB saja, sedangkan BTMT dalam hal ini tidak dapat digunakan, karena jumlah karbonnya yang sedikit (Alumunium cair sangat korosif terhadap besi). Karbon yang berupa grafit serpih dan nodular dalam besi akan menghambat korosifitas dari alumunium cair, jumlah karbon tersebut harus sekitar 3,2% - 3,6%. Dalam besi harus pula terdapat kandungan Alumunium sekitar 1,2% - 3%, sementara itu silikon harus lebih kecil dari 2% dan Phospor dibawah 0,1%.

Sumber: www.google.com/krusibel

Gambar 2.7. Krusibel

2.4.3. Rangka

Rangka mesin merupakan tempat bertumpunya seluruh beban dari seluruh komponen pada tungku pengecoran logam tersebut, sedangkan cara kerja rangka mesin yaitu tempat menyatunya seluruh komponen dan merupakan penahan seluruh beban dari komponen – komponen yang telah terpasang saat tungku beroperasi. Rangka berfungsi untuk menopang tungku pengecoran, *burner* dan *instrument* lainnya.

2.4.4. Gas *Burner*

Gas *burner* adalah sebuah alat untuk menghasilkan api untuk memanaskan produk menggunakan bahan bakar gas seperti asetilen, gas alam atau propana. Dalam gambar 2.8. beberapa *burner* mempunyai tempat masuknya udara untuk mencampur bahan bakar gas dengan udara untuk mendapatkan pembakaran yang sempurna.

Asetilen biasanya digunakan dengan mencampurkannya dengan oksigen.

Sumber: horngmin.com

Gambar 2.8. Horng Min *Burner*

Tabel 2.2. Spesifikasi Horng Min *Burner*

Type	YC-2
Daya	¼ HP
Volt	220 Volt
Ampre	2 Ampere
Cycle	50
Rpm	3000 Rpm

Sumber: horngmin.com

2.4.5. *Liquified Petroleum Gasses*

LPG merupakan bahan bakar berupa gas yang dicairkan (*Liquified Petroleum Gasses*) merupakan produk minyak bumi yang diperoleh dari proses distilasi bertekanan tinggi. Dalam gambar 2.9. fraksi yang digunakan sebagai umpan dapat berasal dari beberapa sumber yaitu dari Gas alam maupun Gas hasil dari pengolahan minyak

bumi (*Light End*). Komponen utama LPG terdiri dari Hidrokarbon ringan berupa Propana (C_3H_8) dan Butana (C_4H_{10}).

Sumber: www.google.com/tabungLPG

Gambar 2.9. *Liquified Petroleum Gas*

2.4.6. Semen Tahan Api

Semen tahan api berfungsi sebagai perekat batu tahan api sekaligus menutup pori-pori diantara batu tahan api. *Material* yang disebut juga dengan *Fire Mortar* ini berbentuk powder halus digunakan pada saat pemasangan batu tahan api berfungsi sebagai penutup celah antar bata agar panas tidak keluar melalui celah tersebut.

Sumber: www.google.com/semenapi

Gambar 2.10. Semen Tahan Api

Dalam gambar 2.10 *Fire Mortar* atau semen tahan api bukan untuk pengecoran, plasteran ataupun menambal. Sifatnya basah, tidak akan mengeras sebelum terbakar. Tipe-tipe fire mortar atau semen tahan api ini sama dengan tipe batu tahan api yaitu dilihat dari tabel 2.3. sebagai berikut:

Tabel 2.3. Tipe-tipe *Fire Mortar*

NO	SPESIFICATION		SK-30	SK-32	SK-34	SK-36	SK-38
1	MaximumService Temperature (Temperatur Kerja Maksimum)	(°C)	1050	1150	1300	1500	1650
2	Material Required (kg/1000 pcs Fire Brick)		200 - 260	200 - 260	200 - 270	225 - 270	225 - 270
3	Chemical Composition (Komposisi Kimia)	(%) Al_2O_3	>25	>30	>40	>50	>60
4	Application (Pengaplikasiannya)		LAYING / JOINTING FIRE BRICKS				
			TN/SK-30	TN/SK-32	TN/SK-34	TN/SK-36	TN/SK-38

Sumber: www.google.com/semenapi

2.4.7. Batu Bata Tahan Api

Sumber: www.google.com/batubatamerah

Gambar 2.11. Batu Bata Tahan Api

Batu bata tahan api, atau bata tahan api adalah *material* dari bahan tahan api dengan unsur *alumina* dan *silica* yang digunakan untuk melapisi tungku, kiln (pembakaran), dan ruang api lainya. Batu

bata tahan api dibangun terutama untuk menahan suhu tinggi, tetapi juga harus memiliki konduktivitas termal yang rendah untuk menghemat energi. Dalam gambar 2.11. banyak digunakan pada *Boiler, Furnace, Incinerator, Kiln, Rotary Dryer, dll*.

2.4.8. *Regulator* Bertekanan

Regulator bertekanan, berfungsi sebagai penahan gas bertekanan keluar dari tabung, tekanan output gas lebih tinggi dari tekanan udara (atmosfir) sehingga *regulator* ini dinamakan *regulator* bertekanan. Banyaknya gas yang keluar tergantung dari pengaturan tekanan dan besar lubang output (debit gas) pada *regulator*, dilihat dari gambar 2.12 yang termasuk jenis *regulator* bertekanan diantaranya adalah *regulator LPG* untuk kompor.

Sumber: www.google.com/regulatorgas

Gambar 2.12. *Regulator* Bertekanan

2.4.9. *Pressure Gauge*

Pressure gauge adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan fluida (gas atau liquid) dalam tabung tertutup. Satuan dari alat ukur tekanan ini berupa psi *(pound per square inch*), psf *(pound per*

square foot), mmHg (*millimeter of mercury*), inHg (*inch of mercury*), bar, atm (*atmosphere*), N/m^2 (*pascal*). Pressure gauge yang digunakan seperti dalam gambar 2.13.

Sumber : www.google.com/pressuregauge

Gambar 2.13. *Pressure Gauge*

2.4.10. *Thermocouple*

Termokopel (*Thermocouple*) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek *"Thermo-electric"*. Efek *Thermo-electric* pada Termokopel ini ditemukan oleh seorang fisikawan Estonia bernama *Thoma Johann Seebeck* pada Tahun 1821, dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan tegangan listrik diantara dua persimpangan (junction) ini dinamakan dengan Efek "*Seeback*".

Sumber: www.google.com/thermocouple

Gambar 2.14. *Thermocouple*

Dalam gambar 2.14. termokopel merupakan salah satu jenis sensor suhu yang paling populer dan sering digunakan dalam berbagai rangkaian ataupun peralatan listrik dan elektronika yang berkaitan dengan suhu (*temperature*). Beberapa kelebihan termokopel yang membuatnya menjadi populer adalah responnya yang cepat terhadap perubahaan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas yaitu berkisar diantara -200˚C hingga 2000˚C. Selain respon yang cepat dan rentang suhu yang luas, Termokopel juga tahan terhadap goncangan/ getaran dan mudah digunakan.

2.4.11. *Filter Gas*

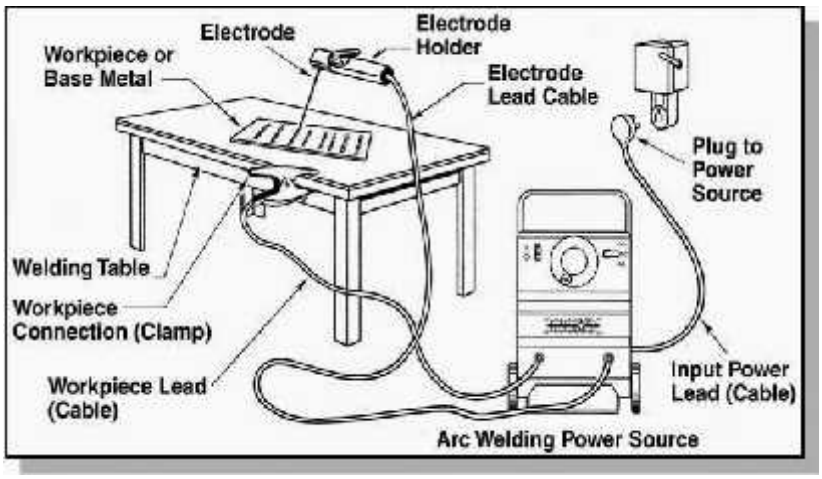
Fungsi utama *filter* bahan bakar adalah menyaring semua kotoran yang tercampur di dalam bahan bakar, dalam hal ini adalah gas. Kotoran ini jika tidak dibersihkan akan menyumbat lubang *injection nozzle* dan sirkulasi *burner* sehingga pengabutan di ruang bakar akan terganggu. Filter yang digunakan seperti pada gambar 2.15. dibawah ini.

Sumber: www.google.com/thermocouple

Gambar 2.15. *Filter* Gas

2.5. Pengelasan SMAW

SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) adalah proses las busur manual dimana panas pengelasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda terumpan berpelindung fluks dengan benda kerja. Gambar 2.16. memperlihatkan bentuk rangkaian pengelasan SMAW.

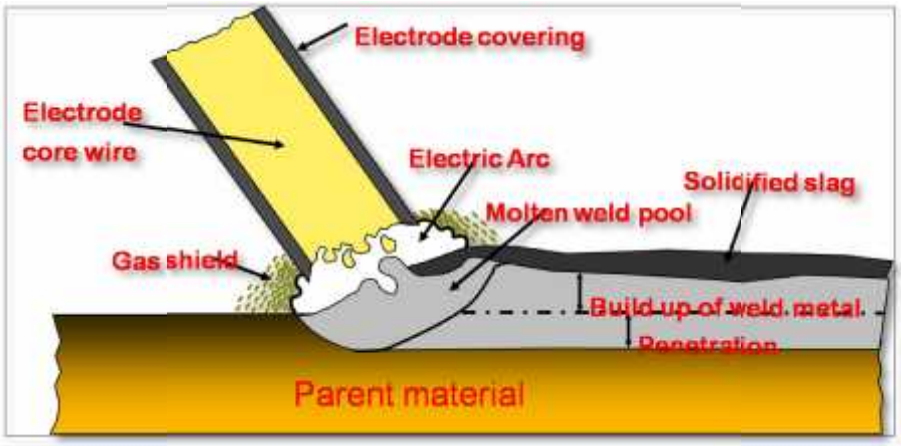


Sumber: www.google.com/laslistrik

Gambar 2.16. Rangkaian Proses Pengelasan SMAW

Bagian ujung elektroda, busur, cairan logam las dan daerah-daerah yang berdekatan dengan benda kerja, dilindungi dari pengaruh atmosfir oleh

gas pelindung yang terbentuk dari hasil pembakaran lapisan pembungkus elektroda. Perlindungan tambahan untuk cairan logam las diberikan oleh cairan fluks atau *slag* yang terbentuk. *Filler metal* atau logam tambahan disuplai oleh inti kawat elektroda terumpan, atau pada elektroda-elektroda tertentu juga berasal dari serbuk besi yang dicampur dengan lapisan pembungkus elektroda. Gambar 2.17. memperlihatkan prinsip dasar proses SMAW.



Sumber: www.google.com/laslistrik

Gambar 2.17. Prinsip Dasar Pengelasan SMAW

2.5.1. Keuntungan Pengelasan SMAW

SMAW adalah proses las busur paling sederhana dan paling serba guna. Karena sederhana dan mudah dalam mengangkut peralatan dan perlengkapannya, membuat proses SMAW ini mempunyai aplikasi luas mulai dari *refinery piping* hingga *pipelines*, dan bahkan untuk pengelasan di bawah laut guna memperbaiki struktur anjungan lepas pantai. SMAW bisa dilakukan pada berbagai posisi atau lokasi yang bisa dijangkau dengan sebatang elektroda.

Sambungan-sambungan pada daerah dimana pandangan mata terbatas masih bisa di las dengan cara membengkokkan elektroda.

Proses SMAW digunakan untuk mengelas berbagai macam logam termasuk baja karbon dan baja paduan rendah, stainless steel, paduan-paduan nikel, cast iron, dan beberapa paduan tembaga.

2.5.2. Kelemahan Pengelasan SMAW

Meskipun SMAW adalah proses pengelasan dengan daya guna tinggi, proses ini mempunyai beberapa karakteristik dimana laju pengisiannya lebih rendah dibandingkan proses pengelasan semi-otomatis atau otomatis. Panjang elektroda tetap dan pengelasan mesti dihentikan setelah sebatang elektroda terbakar habis. Puntung elektroda yang tersisa terbuang, dan waktu juga terbuang untuk mengganti–ganti elektroda. *Slag* atau terak yang terbentuk harus dihilangkan dari lapisan las sebelum lapisan berikutnya didepositkan. Langkah-langkah ini mengurangi efisiensi pengelasan hingga sekitar 50 %.

Asap dan gas yang terbentuk merupakan masalah, sehingga diperlukan ventilasi memadai pada pengelasan di dalam ruang tertutup. Pandangan mata pada kawah las agak terhalang oleh slag pelindung dan asap yang menutupi endapan logam. Dibutuhkan juru las yang sangat terampil untuk dapat menghasilkan pengelasan berkualitas *radiography* apabila mengelas pipa atau plat hanya dari arah satu sisi.

2.6. Menggerinda

Mesin Gerinda didesain untuk dapat menghasilkan kecepatan sekitar 11.000 – 15.000 rpm. Dengan kecepatan tersebut batu gerinda yang merupakan komposisi alumunium oksida dengan kekasaran serta kekerasan yang sesuai, dapat menggerus permukaan logam sehingga menghasilkan bentuk yang diinginkan. Dengan kecepatan tersebut juga, mesin gerinda juga dapat digunakan untuk memotong benda logam dengan menggunakan batu gerinda yang dikhususkan untuk memotong seperti yang dilihat dari gambar 2.18 dibawah ini.

Sumber: www.google.com/gerindatangan

Gambar 2.18. Mesin Gerinda Tangan

Pada umumnya mesin gerinda tangan digunakan untuk menggerinda atau memotong logam, tetapi dengan menggunakan batu atau mata yang sesuai kita juga dapat menggunakan mesin gerinda pada benda kerja lain seperti kayu, beton, keramik, genteng, bata, batu alam, kaca, dan lain-lain. Tetapi sebelum menggunakan mesin gerinda tangan untuk benda kerja yang bukan logam, perlu juga dipastikan agar kita menggunakannya secara benar karena penggunaan mesin gerinda tangan untuk benda kerja bukan logam umumnya memiliki resiko yang lebih besar.

2.7. Reaksi Pembakaran

Hampir semua proses pembakaran bergantung kepada udara sebagai sumber utama pembakarannya. Komposisi udara diperkirakan 21% oksigen, per volume per mol dan sisanya 79% lagi terutama dari nitrogen dengan sejumlah kecil argon, karbon dioksida dan gas lain-lain. Sejauh menyangkut perhitungan pembakaran, akan dianggap bahwa udara terdiri dari 21% oksigen dan 79% nitrogen dengan basis volumetrik ataupun molar. Harga-harga ini, dalam basis *gravimetric* maupun massa dinyatakan 23.2% oksigen dan 76.8 % nitrogen. Berat molekul udara adalah 28.97 kg/kg·mol atau 28.97 lbm/lbm·mol.

Apabila temperature pembakaran sangat tinggi, dapat terjadi beberapa reaksi endotermis yang disebut dissosiasi. Sebagian reaksi jenis ini diperlihatkan sebagai berikut :

$$O_2 \longrightarrow 2O$$

$$N_2 \longrightarrow 2N$$

$$2CO_2 \longrightarrow 2CO + O_2$$

2.8. Perbandingan Udara-Bahan Bakar Teoritis

Perbandingan udara-bahan bakar teoritis atau stoikiometri menunjukkan kebutuhan udara minimum untuk pembakaran sempuran suatu bahan bakar. Ia dapat dinyatakan dalam bentuk massa udara per massa bahan bakar, dalam bentuk mol udara per mol bahan bakar ataupun dalam bentuk volume udara per volume bahan bakar. Biasanya semua harga tersebut diperoleh melalui analisis bahan bakar “as-burned” (begitu-terbakar).

Perbandingan udara-bahan bakar teoritis, kering, *gravimetric* (massa)

$$\text{massa} = \left(\frac{A}{F}\right)_{\text{th,m,d}}$$

$$\left(\frac{A}{F}\right)_{th,m,d} = \frac{\text{kg } O_2 \text{ yang dibutuhkan dari udara per kg bahan bakar}}{0.232}$$

Dalam menentukan perbandingan udara-bahan bakar teoritis untuk bahan bakar gas dan cairan, adalah lebih sederhana menggunakan besaran molar daripada menggunakan fraksi massa unsur-unsur bahan bakar tersebut. Misalkan besaran Z ditentukan sebagai jumlah atom suatu unsure dalam mol bahan bakar. Z merupakan penjumlahan hasil kali fraksi mol senyawa bahan bakar dengan jumlah mol unsure tertentu dalam senyawa itu.

Perbandingan udara-bahan bakar teoritis, kering, molar = $\left(\frac{A}{F}\right)_{th,m,d}$

$$\left(\frac{A}{F}\right)_{th,m,d} = \frac{\text{mol } O_2 \text{ yang dibutuhkan dari udara per mol bahan bakar}}{0.21}$$

Prosedur perhitungan dapat diringkas :

$$\left(\frac{A}{F}\right)_{th,m,d} = \frac{Z_C + 0.25Z_h + Z_s - 0.5\,Z_0}{0.21}$$

Untuk bahan bakar gas, perbandingan udara-bahan bakar molar dan volumetric adalah sama dan dapat dinyatakan dalam satuan mol udara per mol bahan bakar atau dalam feet kubik udara per feet kubik bahan bakar.

Perbandingan udara-bahan bakar teoritis, molar, kering yang diperoleh dapat diubah keperbandingan udara-bahan bakar teoritis, gravitasi, kering dengan mengalikan dan membagi angka molar dengan molekul udara dan bahan bakar :

$$\left(\frac{A}{F}\right)_{th,m,d} = \frac{28.97\ \left(\frac{A}{F}\right)_{th,m,d}}{(\text{Berat molekul})_{\text{bahan bakar}}}$$

2.9. Proses Pembakaran Aktual

Lima hal yang diperlukan untuk pembakaran yang baik adalah *MATTρ*. *MATTρ* ini adalah singkatan dari : pencampuran murni reaktan (*proper mixing*) disingkat *M*, udara yang cukup *A*, temperatur (*T*) yang cukup, waktu (*time*) yang cukup untuk berlangsung reaksi (*T*); dan harus terdapat kerapatan (*ρ*) yang cukup untuk merambatkan nyala api [1]. Karena pencampuran yang baik tidak pernah diperoleh dalam proses pembakaran aktual, pembakaran baik hanya dapat dijamin dengan menyediakan kelebihan udara (*excess air*) bagi proses tersebut.

Ada dua cara untuk menyatakan jumlah udara yang disediakan bagi suatu proses pembakaran tertentu yaitu koefisien pengenceran (*dilution coefficient*) dan atau prosentase kelebihan udara (*excess air*). Koefisien pengenceran didefinisikan sebagai perbandingan antara angka perbandingan aktual dan teoritis udara – bahan bakar :

$$\text{Koefisien pengenceran} = \text{DC} = \frac{angka\ perbandingan\ \frac{A}{F}\ aktual}{angka\ perbandingan\ \frac{A}{F}\ teoritis}$$

Presentase kelebihan udara didefiniskan dengan persamaan berikut :

$$\text{Presentase kelebihan udara} = \frac{angka\ perbandingan\ \frac{A}{F}\ aktual - (\ angka\ perbandingan\ \frac{A}{F}\ teoritis)}{0{,}01\ (\ angka\ perbandingan\ \frac{A}{F}\ teoritis)}$$

Angka perbandingan udara – bahan bakar aktual untuk suatu proses pembakaran umumnya ditaksir dari pengukuran eksperimental komponen – komponen gas dalam gas buang.

[1] Junior, A.W.C dan Sitompul, D., Prinsip-Prinsip Konversi Energi, Energi, Penerbit Erlangga, Jakarta, Edisi ke 4

Ada beberapa cara eksperimental untuk menganalisa konsentrasi senyawa – senyawa gas dalam suatu campuran gas. Diantara sistem tersebut adalah *chromotograph* gas dan peralatan orsat.

Chromotograph gas adalah sistem yang sensitif yang dapat dipakai untuk mendeteksi senyawa – senyawa gas yang berlainan, tetapi unit ini rumit dan sulit menggunakannya. Peralatan orsat, sebaliknya, relatif sederhana dan merupakan sebuah penganalisis gas yang kompak dan dapat dibawa – bawa (*compact porable gas analyzer*), yang dirancang untuk mengukur konsentrasi beberapa senyawa gas yang ditemukan dalam produk pembakaran.