AIR COMPRESSORS AND COMPRESSED AIR SYSTEMS

ကောင်းထက်ညွန့်

AIR COMPRESSORS AND COMPRESSED AIR SYSTEMS • ကောင်းထက်ညွန့်

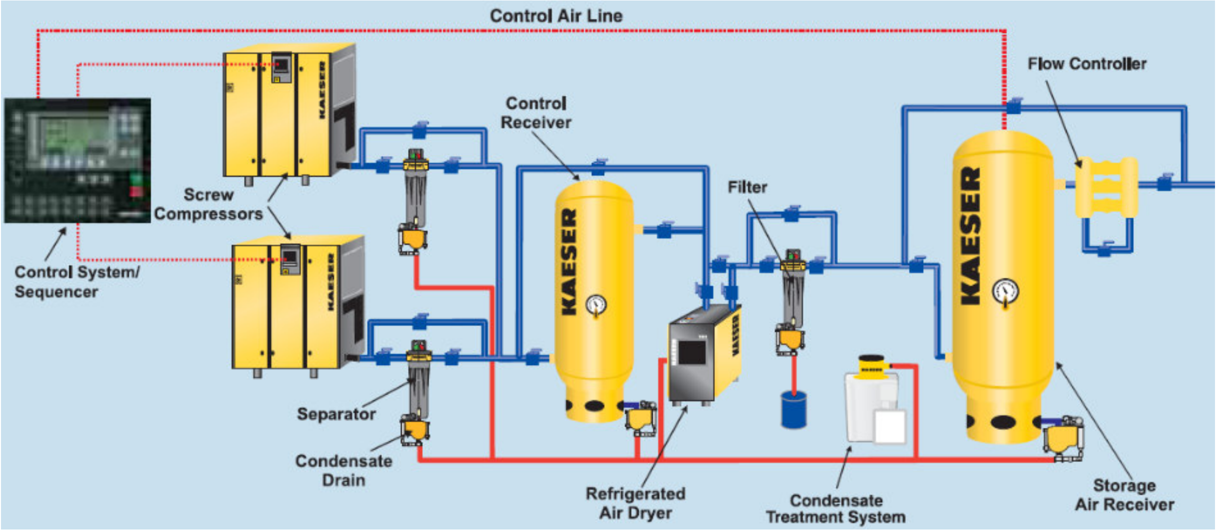
Compressed Air System

Contents

၁. Compressed Air System အမျိုးအစားများ 6
၂. Compressed Air Application နှင့် Characteristics of Compressed Air 7
က) Working Air (သို့) Energy Air 8
ခ) Active Air 8
ဂ) Process Air 8
ဃ) Industrial Vacuum 8
၃. Compressor အမျိုးအစားများ 9
၃.၁ Reciprocating Air Compressors 12
၃.၂ Rotary Air Compressors 18
၃.၃ Sliding vane rotary compressors 21
၃.၄ Centrifugal Air Compressors 22
၄. Primary နှင့် Secondary Air Receivers 24
၅. Compressed Air Systems တွင်ပါဝင်သည့် Auxiliary Component များ 26
၅.၁ Intercoolers နှင့် After-coolers 27
၅.၂ Filters 29
၅.၃ Separators နှင့် Drains 31
၅.၄ Air Dryers 33
၆. Compressor Controls 36
၆.၁ Start / Stop Control 37
၆.၂ Load/unload Control 37
၆.၃ Throttling or Modulation Control 38
၆.၄ Auto – Dual Control 39
၆.၅ Variable Displacement Control 39
၆.၆ Variable Speed Drive Control 40
၆.၇ Multiple Compressor System Controls 40
၇. Compressed Air System Leak 40
၇.၁ Leakage ဖြစ်သည့် ပမာဏကို ခန့်မှန်းတွက်ချက်ခြင်း 41
၇.၂ Leak Detection 42
၈. Air Quality 44

၉. Code Reference Code Title 45

၁၀. မေးခွန်း နှင့် အဖြေများ 46



စက်ရုံ၊ အလုပ်ရုံများတွင် အသုံးပြုနေသည့် Utilities System များအနက် Electricity ၊ Natural gas နှင့် water တို့ပြီးလျှင် Compressed air ကို လေးခုမြောက် (fourth) utility အဖြစ်သတ်မှတ်ခေါ်ဆိုကြသည်။ Electricity ၊ Natural gas နှင့် water တို့ထက်စာလျှင် compressed air သည် ဈေးအကြီးဆုံး နှင့် ကုန်ကျစရိတ်အများဆုံး utility system ဖြစ်သည်။

Compressed air ကို အောက်ပါ နေရာများ နှင့် လုပ်ငန်းများတွင် မရှိ မဖြစ်အသုံးပြုကြသည်။

၁) aircraft engines များစတင်မောင်းရန်(နိုးရန်) အတွက်၊

၂) Pneumatic powered weapons - Air gun များ အတွက်

၃) Pneumatics ၊ pressurized gases အဖြစ် tools များတွင် အသုံးပြုရန်အတွက်

၄) Vehicular transportation အတွက်

၅) Scuba diving for breathing and to inflate buoyancy devices.

၆) Electronic components များကို သန့်စင်ဆေးကြောရန်အတွက် (ရေဖြင့်ဆေးကြောသန့်စင်ရန်မဖြစ်နိုင်သည့် electronic components များအတွက်)

၇) မီးရထားများ ၏ ဘရိတ် များအတွက် (railway braking systems)

၈) မော်တော်ကားများ ဘရိတ် များအတွက် (road vehicle braking systems)

၉) ကြီးမားသောဒီဇယ်အင်ဂျင်များ စတင်မောင်းရန်(နိုးရန်) အတွက်- Diesel engine cranking (air-start systems)

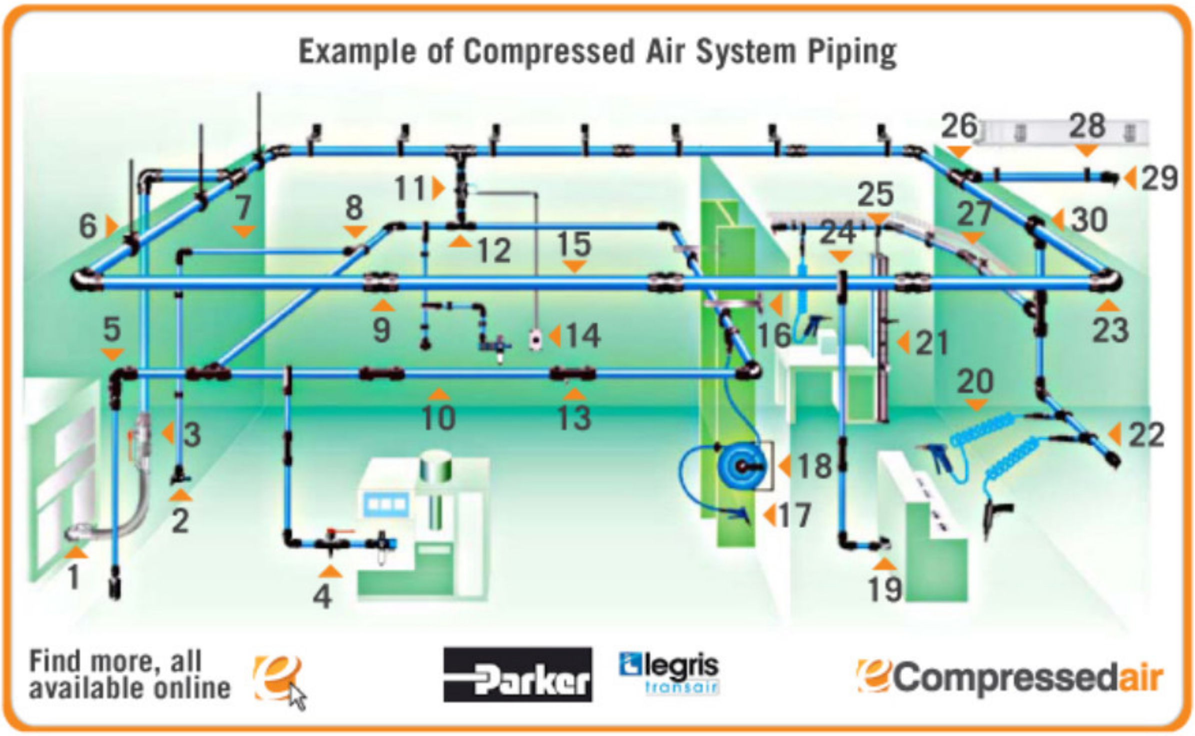
၁၀) ကစားစရာ လေသေနပ်များ အတွက် (paintball ammunition propulsion and airsoft ammunition propulsion)

၁၁) လေဖြင့်မောင်းသော ကိရိယာ ပစ္စည်းများ(Air tools) အတွက်

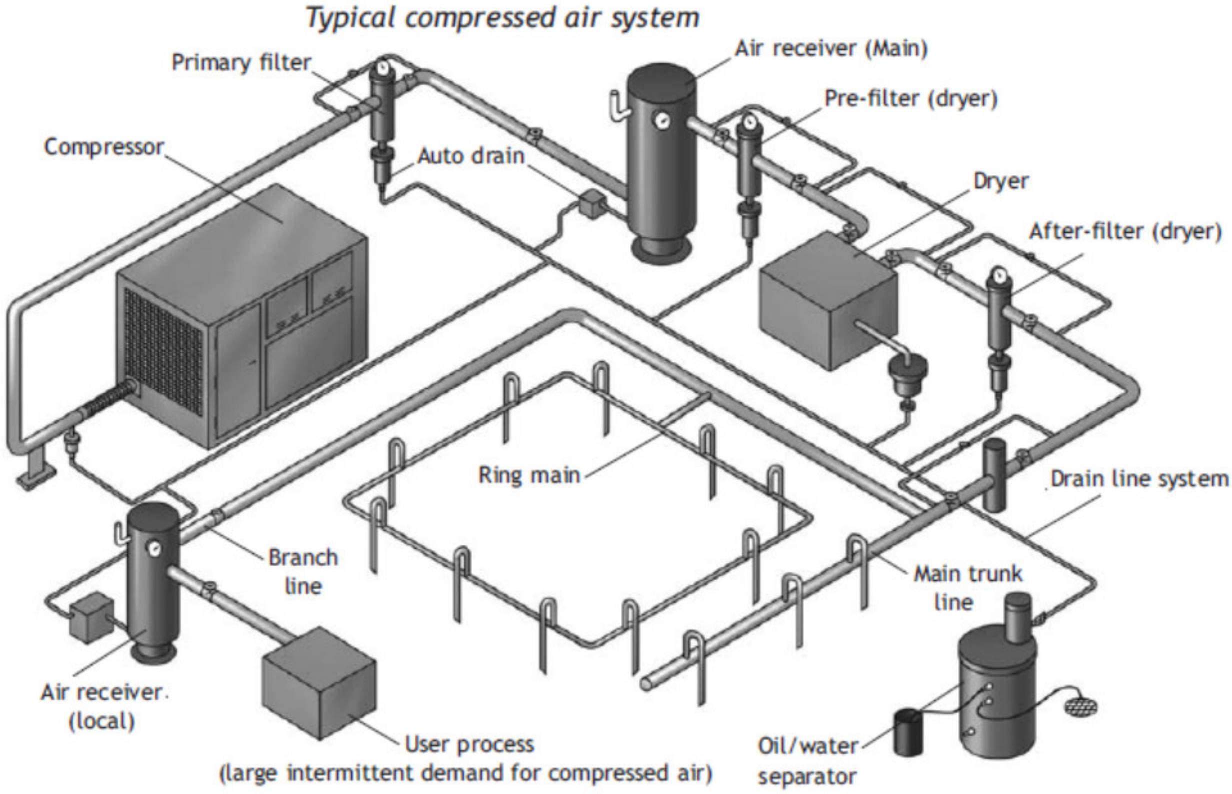
၁၂) Electronic components များ သန့်စင်ခြင်းနှင့် assemblies လုပ်ရန်အတွက် တို့တွင်အသုံးပြုသည်။

Manufacturing plant အများ အားလုံး၏ 75% မှ 85% တွင် Compressed Air ကို အသုံးပြုကြသည်။ လက်ရှိအသုံးပြုနေကြသော Compressed Air System များကို အနည်းဆုံး 20% မှ အများဆုံး 50% စွမ်းအင် သုံးစွဲမှုသက်သာအောင်(Energy Saving) ပြုလုပ် နိုင်သည်။

Compressed Air System တစ်ခုတွင် ပါဝင်သော main component များမှာ Compressors၊ Dryers ၊ Filters ၊ Air receivers နှင့် Distribution System တို့ဖြစ်ကြသည်။ အောက်ပုံတွင် Compressed Air System တစ်ခုတွင် ပါဝင်သည့် compoment များကို အသေးစိတ်ဖော်ပြထားသည်။



Air Compressor Piping and Material	
1. Stud Fitting	16. Modular Cantilever Bracket
2. Wall Bracket	17. Blowgun
3. Ball Valve	18. Hose Reel
4. Vented Valve	19. Mini Valve
5. Plug-in Reducer	20. Recoil Tubing
6. Fixing Clip	21. Air Distribution Column (4 or 6 port)
7. 1/2" ID (16.5 mm) Pipe	22. Automatic Coupler
8. Reducing Bracket	23. Equal Elbow
9. Equal Pipe-to-Pipe	24. Mini-Bracket
10. 1-1/2" (40 mm) Pipe	25. Braided PVC Hose
11. Remote Control Shut-Off Valve	26. Reducing Tee
12. Equal Tee	27. 45° Elbow
13. Pipe-to-Pipe Connector with Vent	28. Fixture Canalis
14. Pilot Kit	29. End Cap
15. 2-1/2" (63 mm) Pipe	30. Bracket



Gauge pressure ဆိုသည်မှာ gauge သို့မဟုတ် instrument ဖြင့်တိုင်း၍ရသော ဖိအားကိုဆိုလိုသည်။
Absolute pressure ဆိုသည်မှာ gauge pressure နှင့် atmospheric pressure တို့ပေါင်း၍ရသော ဖိအားကိုဆိုလိုသည်။
Standard pressure & temperature (STP) ဆိုသည်မှာ 14.696 Psia & 60°F (101.33 kPa absolute & 15.6°C) တို့ကိုဆိုလိုသည်။
CMF ဆိုသည်မှာ cubic feet per minute - တစ်မိနစ်လျှင် compress လုပ်နိုင်သော လေပမာဏကို ကုဗပေ ဖြင့်ဖော်ပြထားခြင်းဖြစ်သည်။
SCFM ဆိုသည်မှာ standard conditions တွင် တိုင်းယူလျှင်ရနိုင်သော cubic feet per minute (CFM @ Standard pressure & temperature) ကို ဆိုလိုသည်။
Dew point လေအတွင်းရှိ ရေခိုးရေငွေ့ များစတင် ၍ condense (လေမှထွက်သွားခြင်း) ဖြစ်မည့် အပူချိန် (temperature)ကို ဆိုလိုသည်။

Free Air Delivery

Free air delivery ကိုအခြေခံ၍ Compressors များ၏ စွမ်းရည်ကို ဖော်ပြလေ့ရှိသည်။
Air compressor တစ်လုံး၏ rate သည် 5m^3/min free air ဆိုသည်မှာ Air compressor ၏ လေဝင်ပေါက်(inlet)**၌** လေ 5 m^3/min ဝင်သည်ကိုဆိုလိုသည်။
Free Air Delivery (FAD) အား common reference point အဖြစ်သတ်မှတ်ပြီး Air compressor များ၏ rating ကို ပြောလေ့ရှိသည်။

Free air delivery (FAD) — air intake at compressor inlet

Free air delivery, $V_1 = (V_2 \times P_2 \times T_1) / (T_2 \times P_1)$

Free air delivery,

$$V1 = \frac{(V2\ x\ P2\ x\ T1)}{(T2\ x\ P1\ )}$$

ဥပမာ

A machine uses 50 dm3/s of compressed air at 6 bar (absolute pressure). If the compressed air is supplied at 35°C to the machine, what is the FAD for the compressor if ambient air is 30°C and 1 bar pressure.

စက်ရုံတစ်ခု၌လိုအပ်သော compressed air ပမာဏကို အောင်တွင် ဇယားပုံစံဖြင့် ဖော်ပြထားသည်။

Equipment	A	B	C
Air demand (FAD)	5 scfm	3 scfm	12 scfm
Working pressure	40 psig	60 psig	90 psig
Quantity	2	1	2
Utilization factor	50%	30%	20%

အထက်ပါလိုအပ်ချက်ကို အခြေခံ၍ Free Air Delivery ကို ခန့်မှန်းပါ။ လေယိုစိမ့်ခြင်း (leakage) နှင့် နောင်လိုအပ်သည့် အခါတွင် အသုံးပြုရန်အတွက် ၂၀% အပိုအဖြစ် ထည့်သွင်း တွက်ချက်ပါ။

Equipment	A	B	C
Air demand (FAD)	5 scfm	3 scfm	12 scfm
Working pressure	40 psig	60 psig	90 psig
Quantity	2	1	2
Utilization factor	50%	30%	20%
Effective air demand	2 x 5 x 0.5 = 5 scfm	1 x 3 x 0.3 = 0.9 scfm	2 x 12 x 0.2 = 4.8 scfm

လိုအပ်သော ပမာဏ (Total Demand) = ၁၀.၇ SCFM
၂၀% ပိုထားရန် = ၂.၁ SCFM
စုစုပေါင်း = ၁၂.၈ SCFM

ထို့ကြောင့် ၁၂.၈ SCFM ထုတ်ပေးနိုင်စွမ်းရှိသော compressor လိုအပ်သည်။

Utilization factor

Utilization factor ဆိုသည်မှာ actual consumption ကို maximum continuous consumption over 24 hours ဖြင့်စားထားခြင်းဖြစ်သည်။

$$\boldsymbol{Utilization\ Factor} = \frac{\boldsymbol{Actual\ Air\ Consumption\ in\ 24\ Hrs}}{\boldsymbol{Maximium\ Continuous\ Consumption\ in\ 24\ Hrs}}$$

ဥပမာ

Rated compressed air use by a machine is 10 dm3/s. If the

actual compressed air use is measured to be 260 m 3/day, calculate the utilization factor.

Specific power

Specific power သည် compressor တစ်လုံး၏ efficiency ဖြစ်ပြီး

electrical input (kW) ကို free air delivery (FAD) m^3/s ဖြင့်စားထားခြင်းဖြစ်သည်။

$$\boldsymbol{Specific\ Power} = \frac{\boldsymbol{Electrical\ Input\ Power\ (kW)}}{\boldsymbol{Free\ Air\ Delivery\ (m^3\ per\ Second)}}$$

၁. Compressed Air System အမျိုးအစားများ

အောက်တွင်ဖော်ပြထားသော ပုံမှာ operation လုပ်နေသည့် compressed air system တစ်ခုပုံဖြစ်သည်။

Industrial Sector Uses of Compressed Air	
Industry	**Example Compressed Air Uses**
Apparel	Conveying, clamping, tool powering, controls and actuators, automated equipment
Automotive	Tool powering, stamping, control and actuators, forming, conveying
Chemicals	Conveying, controls and actuators
Food	Dehydration, bottling, controls and actuators, conveying, spraying coatings, cleaning, vacuum packing
Furniture	Air piston powering, tool powering, clamping, spraying, controls and actuators
General Manufacturing	Clamping, stamping, tool powering and cleaning, control and actuators
Lumber and Wood	Sawing, hoisting, clamping, pressure treatment, controls and actuators
Metals Fabrication	Assembly station powering, tool powering, controls and actuators, injection molding, spraying

Petroleum	Process gas compressing, controls and actuators
Primary Metals	Vacuum melting, controls and actuators, hoisting
Pulp and Paper	Conveying, controls and actuators
Rubber and Plastics	Tool powering, clamping, controls and actuators, forming, mold press powering, injection molding
Stone, Clay, and Glass	Conveying, blending, mixing, controls and actuators, glass blowing and molding, cooling
Textiles	Agitating liquids, clamping, conveying, automated equipment, controls and actuators, loom jet weaving, spinning, texturizing

Quality	Applications
Plant Air	Air tools, general plant air
Instrument Air	Laboratories, paint spraying, powder coating, climate control
Process Air	Food and pharmaceutical process air, electronics
Breathing Air	Hospital air systems, diving tank refill stations, respirators for cleaning and/or grit blasting

၂. Compressed Air Application နှင့် Characteristics of Compressed Air

Compressed Air ကို စွမ်းအင်ပုံစံတစ်မျိုး (Form of Energy)အဖြစ်မှတ်ယူနိုင်သည်။ လျှင်မြန်မှု (Speed)၊ စွမ်းအား (Power)၊ တိကျမှု (Precision) နှင့် ဘေးကင်းလုံခြုံမှု (Safe Handling) တို့အားလုံး တစ်ပြိုင်နက် လိုအပ်သည့် အသုံးပြုမှု များတွင် Compressed Air သည် အသင့်တော်ဆုံး နှင့် အကောင်းဆုံး ဖြစ်သည်။ ထိုအချက်များကြောင့် Compressed Air ကို မည်သည့် နည်း နှင့်မျှ အစားထိုးနိုင်ခြင်း မရှိပေ။

အချို့သော application များတွင် Compressed Air ၊ Electricity နှင့် Hydraulic တို့ကို လိုအပ်သလို၊ အဆင်ပြေသလို လဲလှယ်အသုံးပြုနိုင်သည်။ Compressed Air ကိုထုတ်လုပ်ရန်အတွက် ကုန်ကျစရိတ်သည် အခြားသော Electricy နှင့် Hydraulic တို့ထက်စာလျှင် အလွန်များသည်။ သို့သော် Speed ၊ Reliability ၊ Maintenance Cost တို့တွင် Compressed Air ကို မည်သူမျှ မမှီနိုင်။ Speed ၊ Precision နှင့် Flexibility စသည့်အားသာချက်များကြောင့် Compressed Air ကို စက်မှုလုပ်ငန်းများ၊ စက်ရုံ အလုပ်ရုံများတွင် မရှိမဖြစ်လိုအပ်သည်။

လွန်ခဲ့သည့် နှစ်ပေါင်းများစွာက စတင်အသုံးပြုခဲ့သည့် Compressed Air သည် ယခုအချိန်၌ နည်းပညာများတိုးတက်လာမှုကြောင့် Compressed Air ထုတ်လုပ်ရန် စွမ်းအင်လိုအပ်သည့် ပမာဏ လျော့နည်းလာသည်။ တနည်းပို၍ Energy Efficient ဖြစ်လာသည်။

Compressed Air အမျိုးအစား	အသုံးပြုပုံ (Applications)
Plant Air	Air tools, general plant air
Instrument Air	Laboratories, paint spraying, powder coating, climate control
Process Air	Food and pharmaceutical process air, electronics
Breathing Air	Hospital air systems, diving tank refill stations, respirators for cleaning and/or grit blasting

Compressed Air ကို

က) Working Air (သို့မဟုတ်) Energy Air အဖြစ်လည်းကောင်း၊

ခ) Active Air အဖြစ်လည်းကောင်း၊

ဂ) Process Air အဖြစ်လည်းကောင်း၊

ဃ) Industrial Vacuum အဖြစ်လည်းကောင်း ပုံစံအမျိုးမျိုးဖြင့် အသုံးပြုကြသည်။

က) Working Air (သို့) Energy Air

Compressed Air ကို Working Air (သို့မဟုတ်) Energy Air အဖြစ် Compressed Air ဆလင်ဒါ များ၊ Air Engine နှင့် Compressed Air Valves တို့ဖြင့် တွဲ၍ အသုံးပြုကြသည်။Speed ၊ Precision နှင့် Flexibility စသည့်အားသာချက်များကြောင့် အရေးပါသော နေရာမှ ပါဝင်သည်။ Automation Industry တွင် Pneumatic အဖြစ် နှစ်ပေါင်းများစွာကတည်းက တည်ရှိခဲ့ပြီး နှစ်စဉ် သုံးစွဲမှု ၁၀ ရာခိုင်နှုန်းခန့် ပိုမိုများပြားလာသည်။

ခ) Active Air

Compressed Air ကို transport medium အဖြစ်အသုံးပြုသည့်လုပ်ငန်းများတွင် "Active Air" အဖြစ် သတ်မှတ်ခေါ်ဆိုသည်။

ပစ္စည်းများ၊ အရာဝတ္ထုများ တစ်နေရာမှ တစ်နေရာသို့ သယ်ပို့ရန် အတွက် Compressed Air ကို အသုံးပြုကြသည်။ Air bearing သည် Compressed air ၏ အားသာချက်များမှ အကောင်းဆုံးသော ဥပမာ ဖြစ်သည်။ Satellite များအတွက်သုံးသော Laser gun များ၏ position သည် တစ်ဒီဂရီ၏ အပုံ ၃၆၀၀ ပုံလျှင် ၁ပုံ အထိ တိကျရန်လိုသည်။ ထို Gun များကို air cushioned (သို့) air bearing ပေါ်တွင် တင်၍ လိုအပ်သည့် accuracy ၊ လိုအပ်သည့် movement ရအောင် တုန်ခါခြင်း (Vibration) လုံးဝမဖြစ်ပေါ်လာစေပဲ လိုအပ်သည့်နေရာသို့ရောက်အောင် အတိအကျ ရွှေ့နိုင်သည်။

Compressed Air မပါဝင်ဘဲ ထိုကဲ့သို့ အဆင့်မြင့်နည်းပညာနှင့် ဆန်းကျယ်သော ကိရိယာမျိုး မဖြစ်ပေါ်နိုင်ပေ။

ဂ) Process Air

Compressed Air သည် process များတွင် တိုက်ရိုက်ပါဝင်နေသည့်အခါ ၊ process medium ဖြစ်နေသည့်အခါတွင် process air ဟုခေါ်ဆိုသည်။ အခြောက်ခံသည့်လုပ်ငန်းများ (drying process) နှင့် တစေးဖောက်ခြင်းလုပ်ငန်းများ (fermentation processes) တွင် Compressed air ကို processes air အဖြစ် အသုံးပြုသည်။

ဃ) Industrial Vacuum

Industrial Vacuum နည်းပညာများသည် Compressed air နှင့် အပြန်အလှန် ဆက်သွယ်နေသည်။ Industrial Vacuum ကိုအသုံးပြု၍ အထုပ်အပိုးများ packing လုပ်ခြင်း၊ အခြောက်ခံခြင်း (dry) ၊ perform suction လုပ်ခြင်း ၊ hoist လုပ်ခြင်း၊ position လုပ်ခြင်း ပြုလုပ်နိုင်သည်။

Pressure Ranges

အသုံးပြုမှုများကွဲပြားလျှင် Compressed Air ၏ ဖိအား (pressure) လိုအပ်ချက် သည်လည်း လိုက်၍ ပြောင်းလဲသည်။ ထို့ကြောင့် Compressed Air Systemများ၏ ဖိအား (Pressure range)ကို ခွဲခြားသတ်မှတ်ရန်လိုအပ်သည်။

Compressed air System များ pressure range အပေါ်တွင် အခြေခံ၍ အောက်ပါအတိုင်း ခွဲခြားသတ်မှတ်နိုင်သည်။

၁) Vacuum and blower Application

၂) Low Pressure Application

၃) Standard pressure application (7.0 bar) နှင့်

၄) High pressure application တို့ဖြစ်သည်။

၁) Vacuum နှင့် Blower Application

Vacuum နှင့် Blower Application ၏ pressure range မှာ rough vacuum မှ 1bar ခန့် အတွင်းတွင် ဖြစ်သည်။ Rotary valve ၊ vacuum pumps ၊ rotary piston blowers နှင့် side Channel fan တို့အသုံးပြုနိုင်သည်။ Compressed air ကို အသုံးပြု၍ industrial vacuum ပြုလုပ်နိုင်သည်။ ထိုသို့ ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် စွမ်းအင်များကို ဖြုန်းတီးစေသည်။ Industrial vacuum ကို vacuum pump ဖြင့် ပြုလုပ်နိုင်သည်။ (တနည်း မမှန်ကန်သည့် အသုံးပြုခြင်းမျိုးဖြစ်သည်။)

၂) Low pressure application

Pressure 2bar မှ 2.5 barအထိသည် Low pressure application တွင် ပါဝင်သည်။ Rotating Positive-displacement compressor များ၊ turbo compressor များကို အသုံးပြုနိုင်သည်။ တခါတရံတွင် Low Pressure application အတွက် compressed air ကို 7 bar grid လိုင်းမှ ယူထားလေ့ရှိသည်။ ဖိအား 7 bar ရှိသော Compressed Air ကို 2.5 bar အထိ ရောက်အောင် လျှော့ချ၍ အသုံးပြုခြင်းကြောင့် စွမ်းအင် ဖြုန်းရာရောက်သည်။

၃) Standard Pressure Application

7.0 bar pressure ကို Standard Pressure application အဖြစ်သတ်မှတ်သည်။

၄) High Pressure Application

Oscillating positive-displacement compressor များဖြစ်ကြသော piston compressor များ၊ membrane compressor များကို အသုံးပြုကြသည်။ High pressure air အမြောက်အများ လိုအပ်လျှင် Radial turbo compressor ကို အသုံးပြုကြသည်။ Positive Displacement Compressor များသည် လေ၏ထုထည် (Air Volume) ကိုလျှော့နည်းအောင်ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် ဖိအား (Pressure) ကိုများစေသည်။ Dynamic Compressor များသည် လေ၏ Velocity ကိုမြန်စေသည်။ ထိုနောက် Air Velocity ကိုလျှော့ချပြီး pressure ကို များအောင်ပြုလုပ်ခြင်းဖြစ်သည်။

၃. Compressor အမျိုးအစားများ

Compressors များကို အောက်ပါအတိုင်းအမျိုးမျိုးအစားစားခွဲခြားနိုင်သည်။

(၁) compress လုပ်သည့် stage ကိုလိုက်၍ single-stage ၊ 2-stage နှင့် multi-stage ဟု၍လည်းခွဲခြားလေ့ရှိသည်။

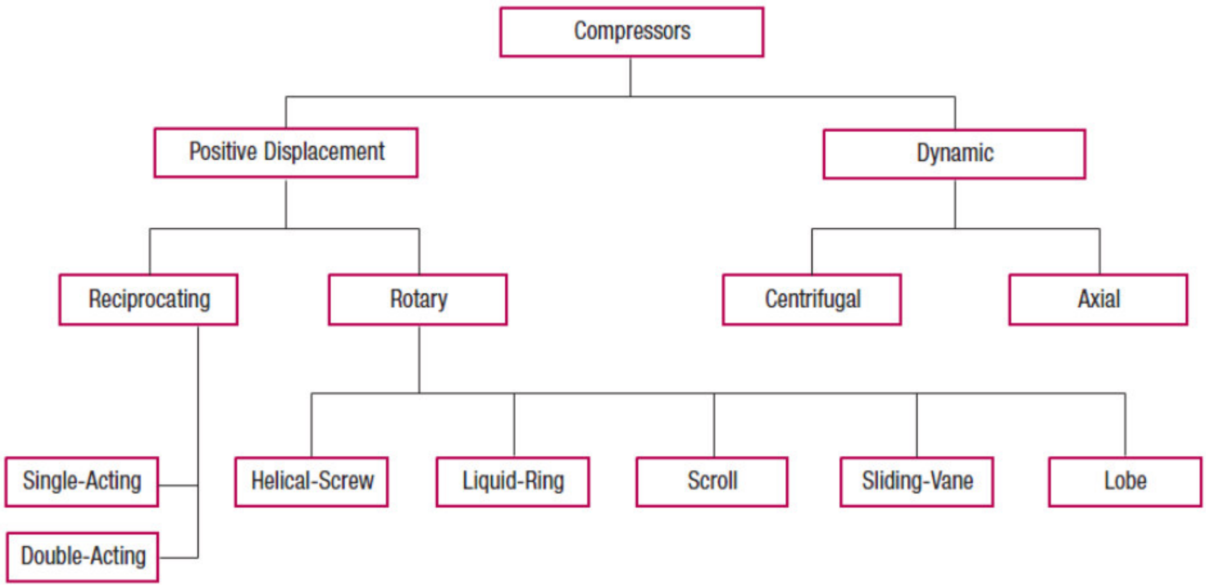
(၂) အအေးခံသည့်နည်း (Cooling method) နှင့် medium ကိုလိုက်၍ Air cooled ၊ water cooled နှင့် oil-cooled ဟု၍လည်းခွဲခြားလေ့ရှိသည်။

(၃) မောင်းသည့် စက်အမျိုးအစား (Drive type) ကိုလိုက်၍လည်း Engine driven ၊ Motor driven ၊ Turbine driven ၊ Belt ၊ chain ၊ gear သို့မဟုတ် direct coupling drives ဟု၍လည်းခွဲခြားလေ့ရှိသည်။
(၄) ချောဆီအသုံးပြုသည့်နည်း (Lubrication method) ကိုလိုက်၍လည်း Splash lubricated သို့မဟုတ် forced lubrication သို့မဟုတ် oil-free compressors ဟု၍လည်းခွဲခြားလေ့ရှိသည်။
(၅) အသုံးပြုရန်လိုအပ်သည့် ဖိအား (Service Pressure) ကိုလိုက်၍လည်း Low ၊ Medium ၊ High ဟု၍လည်းခွဲခြားလေ့ရှိသည်။
Air Compressor များတွင် ပါရှိသည့် Lubrication System ကို အခြေခံ၍ Compressed Air System များကို

a) Oil-Free Compressed Air System နှင့်

b) Lubricated Compressed Air System ဟု နှစ်မျိုးခွဲခြားထားသည်။

စက်မှုလုပ်ငန်းများတွင် အသုံးပြုမည့် Compressed Air ၏ သန့်စင်မှု လိုအပ်ချက် (Purification requirements)များကို အခြေခံ၍ Compressed Air System အမျိုးအစားကို ရွေးချယ်ကြသည်။ လေ၏သန့်စင်မှု (General Purity)သည် အသုံးပြုထားသည့် Instrument များ၏ အရည်အသွေး (Quality) အပေါ်တွင်မူတည်သည်။



ချောဆီ (Lubricating Oil) ကို အသုံးပြုထားသည့် Compressor မှ ထွက်လာသည့် လေတွင် မလိုလားအပ်သည့် Oil Aerosols နှင့် Oil Vapour များကို ရှင်းလင်းဖယ်ရှားပစ်ရန် လိုအပ်သည်။ ထို Oil Aerosols နှင့် Oil Vapour တို့သည် Compressor မှ ထွက်လာသည့် အပူ (Rejected Heat) ကြောင့် Carbonize ဖြစ်က အစိုင်အခဲ (Solid) အဖြစ်သို့ ပုံသဏ္ဍာန် ပြောင်းသွားသည်။ ထိုအစိုင်အခဲလေးများသည် အသုံးပြုသည့်နေရာ (Down Stream) တွင်ရှိသော Valve များကိုပိတ်ဆို့စေခြင်း၊ ပျက်ဆီးစေခြင်း နှင့် လုပ်ဆောင်မှု မှားယွင်းစေခြင်း တို့ကို ဖြစ်ပေါ်စေသည်။

ချောဆီ (Lubricant Oil) ၏ ညစ်ပတ်မှု၊ ပေကျံမှု၊ မသန့်စင်မှု တို့ကို လက်မခံနိုင်သည့် စက်မှုလုပ်ငန်းများ (Industries) တွင် Oil Free Compress Air System အမျိုးအစားများကိုအသုံးပြုရသည်။ ချောဆီကြောင့် Compressed Air အဆင့် အတန်း ကျဆင်းသွားရသည်။ အရည်အသွေးညံ့ဖျင်းသွားရသည်။Compressor များအတွင်းရှိ ချောဆီသည် ရေငွေ့မှ ရေနှင့်ပေါင်းစပ်ကာ Sludge များအဖြစ်သို့ ပြောင်းကာ စက်ပစ္စည်း အစိတ်ပိုင်းများ နှင့် Componentများကို ပျက်စီးစေနိုင်သည်။

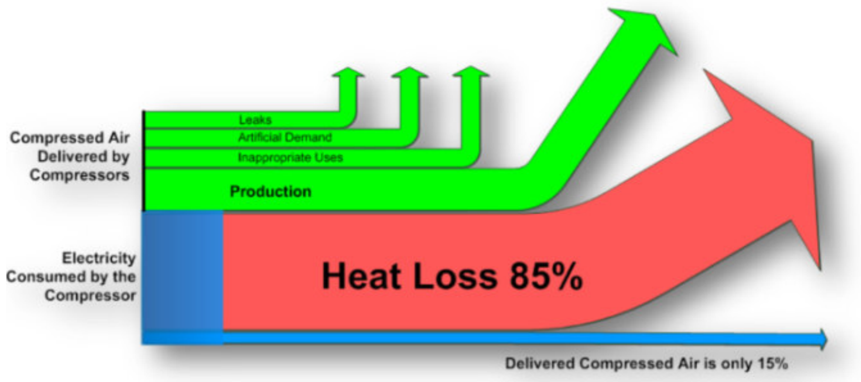
Lubricated System

Compressor အတွင်းရှိ ရွေ့လျားနေသော၊ လှုပ်ရှားနေသော အစိတ်အပိုင်းများ (Moving Parts) ကောင်းမွန်စွာ အလုပ်လုပ်စေရန်၊ ပွတ်တိုက်မှု (Friction) နည်းစေရန် အတွက် ချောဆီ (Lubricant Oil) ကို အသုံးပြုရသည်။ Rotary Screw အမျိုးအစား Compressor တွင် Lubricant Oil သည် အကြားအပေါက်နေရာလွတ်များကို Seal အဖြစ်ပိတ်ဆို့ပေးသည်။ ဖိသိပ်မှု (Compression) ပြုလုပ်ခြင်းကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသော Heat of Compression ကိုလည်းဖယ်ရှားပေးသည်။ Lubricant ချောဆီ၏ စေးပျစ်မှု (Viscosity) သည် Compressor မောင်းနေသည့် လေထု အပူချိန်အနည်းအများ (Ambient Temperature Range)ပေါ်တွင် မူတည်သည်။ Bearing များလည်ပတ်နေသောအခါ ဖြစ်ပေါ်နေသည့်အပူချိန်တွင် ချောဆီသည် လုံလောက်သော Lubrication ကိုဖြစ်ပေါ်စေရမည်။ ယခုအခါ Lubricated Rotary Screw Compressor နှင့် High-Efficiency Purification System တို့၏ နည်းပညာများတိုးတက်မှုကြောင့် အလွန့်အလွန် သန့်စင်သော Compressed Air ကို ထုတ်နိုင်ပြီ ဖြစ်သည်။ ထိုလေများသည် Oil Free အမျိုးအစား Compressed Air လောက်နီးပါးသန့်စင်သည်။

Compressor ၏ capacity ကို CFM ဖြင့်ဖော်ပြလေ့ရှိသည်။ တစ်မိနစ်လျှင် compress လုပ်နိုင်သော လေပမာဏကို ကုဗပေ ဖြင့်ဖော်ပြသည်။ cubic feet per minute of air (CFM) လိုအပ်သည့် လေပမာဏအပေါ်တွင်မူတည်၍ အသုံးပြုရမည့် compressor အမျိုးအစားများ ကွဲပြားကြသည်။ စက်မှုလုပ်ငန်းများတွင်အသုံးပြုသည့် air compressor များ၏ capacity range ကို ဖော်ပြ ထားသည်။

Compressor အမျိုးအစားများ	free air delivery ထုပ်ပေးနိုင်စွမ်း
Reciprocating Compressor (Single Stage)	50 CFM အထိ
Reciprocating Compressor (Two Stage)	50 CFM မှ 600 CFM အထိ
Screw Compressors	150 CFM မှ 2500 CFM အထိ
Centrifugal Compressors	2000 CFM မှ 4000 CFM အထိ

Compressed Air Energy Input and Useful Energy Output



Compressed air သည် စွမ်းအင် သုံးစွဲမှုအလွန်များသော system တစ်မျိုးဖြစ်သည်။ အထက်ပါပုံအရ အသုံးပြုလိုက်သည့် စွမ်းအင်၏ ၁၀% သာ useful energy အဖြစ် (compressed air အဖြစ်) သာပြန်ရရှိသည်။ ထို့ကြောင့် compressed air ကို အသုံးပြုတော့မည်ဆိုလျှင် အမှန်တကယ်လိုအပ်၍ အသုံးပြုသည် ဟုတ်မဟုတ်ကို စစ်ဆေးရန်လိုအပ်သည်။ တခြားသော direct drive electric tool (သို့) hydraulic tools ကို အသုံးပြု၍ဖြစ်နိုင်ပါက စွမ်းအင် သက်သာစေရန် အတွက် (Energy Efficiency အတွက်) စဉ်းစားသင့်သည်။

Compressed air ကို အသုံးပြုသည့် system များတွင် လေယိုစိမ့်မှုများ (air leaks)မဖြစ်အောင်ကာကွယ်ခြင်း၊ လေဖိအား (working pressure)ကို တတ်နိုင်သလောက်နိမ့်ချခြင်း၊ လေစစ်များ (filter)ကို ဆေးကြောသန့်စင်ခြင်း၊ လဲပေးခြင်းတို့ဖြင့် အနည်းဆုံး ၁၀% မှ ၂၀% အထိ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုကို လျှော့ချနိုင်သည်။

သင့်လျော်မှန်ကန်သော control လုပ်နည်းဖြင့် compressorများကို မောင်းခြင်း၊ ပိုကြီးမားသည့် storage receiver ထားရှိခြင်း နှင့် ပိုကောင်းမွန်သည့် air dryer များ၊ filters တပ်ဆင်ခြင်း ဖြင့်လည်း စွမ်းအင်ချွေတာနိုင်သည်။

Compressed Air System အားလုံးတွင် compressor သည် မရှိမဖြစ်ပါဝင်သည်။ air compressor တစ်လုံး၏ အဓိက အချက်များမှာ လေထုတ်ပေးနိုင်မှု (capacity) ၊ လေဖိအား (pressure) ၊ မော်တာ သို့မဟုတ် အင်ဂျင် စွမ်းအား (horsepower) နှင့် duty cycle တို့ဖြစ်သည်။ Air Compressor မှ ထွက်လာသည့် လေဖိအား (pressure) ကို ပြောင်းလဲခြင်းဖြင့် compressor ၏ လေထုတ်နိုင်မှု capacity မှာ ပြောင်းလဲသွားလိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။ လေထုတ်ပေးနိုင်မှု capacity နှင့် လေဖိအား (pressure) တို့မှာ တစ်ခုနှင့် တစ်ခု သီးခြားစွာ ရှိကြသည်။

Compressor များကို အဓိက အားဖြင့် Positive displacement အမျိုးအစား နှင့် Dynamic အမျိုးအစား ဟူ၍ နှစ်မျိုး နှစ်စား ခွဲခြားနိုင်သည်။ Reciprocating နှင့် Rotary air compressors တို့သည် Positive displacement အမျိုးအစား တွင် ပါဝင်သော compressors များဖြစ်ကြသည်။ Centrifugal နှင့် Axial air compressors တို့သည် Dynamic အမျိုးအစား တွင် ပါဝင်သော compressors များဖြစ်ကြသည်။

၃.၁ Reciprocating Air Compressors

Reciprocating အမျိုးအစား compressors များကို ချည်မျှင်နှင့် အထည်လုပ်ငန်းများတွင် (textile industry) ယခင်အချိန်က တွင်ကျယ်စွာအသုံးပြုကြသည်။ သို့သော် အခုအခါ screw compressor များကို စွမ်းအင် အကုန်သက်သာသည့် အတွက် တစထက်တစ ပိုမို အသုံးများ လာကြသည်ကို တွေ့ရှိရသည်။ screw အမျိုးအစား compressors များသည် Reciprocating အမျိုးအစား compressors ထက် ပို၍ စွမ်းအင် သုံးစွဲမှုနည်းသည်။ energy efficient ပိုဖြစ်သည်။

အလွန်မြင့်မားသည့် capacity လိုအပ်သည့်စက်ရုံများအတွက် centrifugal အမျိုးအစား compressors ကို အသုံးပြုရန်သင့်လျော်သည်။ သေးငယ်သည့် compressors အမြောက်အများကို သုံးမည့်အစား ကြီးမားသည့် compressors အနည်းငယ်ကိုသုံးခြင်းသည့် ပို၍ energy efficient ဖြစ်သည်။ မောင်းနှင့်ခြင်းနှင့် ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခြင်း (operation and maintenance) တို့ပြုလုပ်ရာတွင် ပိုမိုလွယ်ကူသည်။ compressor အရေအတွက်နည်းငယ်ကိုသာ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းရန် လိုသည်။

Reciprocating Air Compressor ကို အများဆုံးအသုံးပြုကြသည်။ Discharge Pressure နိမ့်သည်ဖြစ်စေ၊ မြင့်သည်ဖြစ်စေ လေထွက်နှုန်း (Flow Out) ကိုပုံမှန်ဖြစ်အောင် ထိန်းထား နိုင်သည်။ Compressor ၏ Capacity သည် မြန်နှုန်း (Speed) နှင့် တိုက်ရိုက်အချိုးကျသည်။ Speed မြန်လျှင် Capacity များသည်။

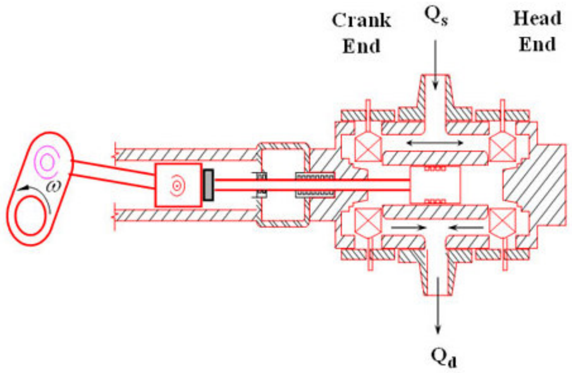
Reciprocating Compressor များကို Configuration အမျိုးမျိုး ဖြင့်ရနိုင်သည်။ အများဆုံးတွေ့နိုင်သည် Configuration များမှာ

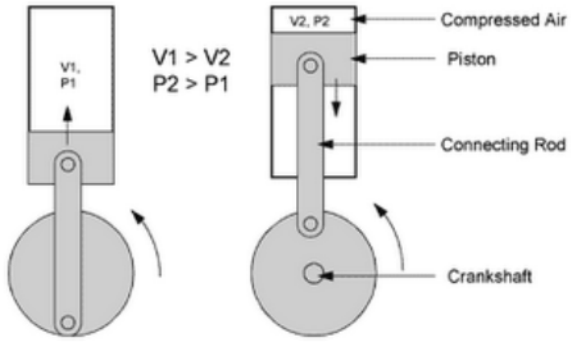
က) Horizontal

ခ) Vertical

ဂ) Horizatianal Balcance-Opposed နှင့်

ဃ) Tandom တို့ဖြစ်သည်။





Double Acting Piston Single Acting Piston

Reciprocating compressor များကို အောက်ပါအတိုင်း ထပ်မံခွဲခြားနိုင်သည်။

(၁) In-line compressors,

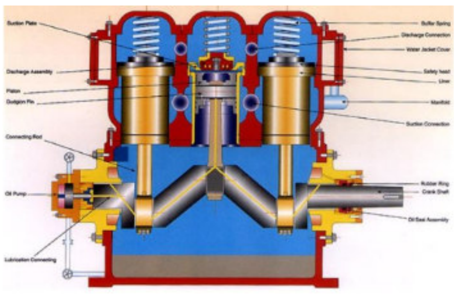
(၂) "V"-shaped compressors

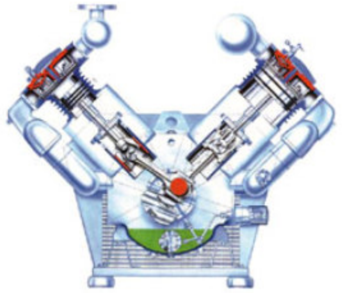
(၃) Tandem Piston compressors

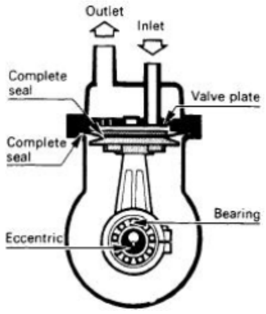
(၄) Single-acting compressors

(၅) Double-acting compressors နှင့်

(၆) Diaphragm compressors တို့ဖြစ်သည်။







In-line compressors "V"-shaped Diaphragm

Vertical အမျိုးအစား Reciprocating Compressor များ၏ Capacity Range မှာ 50CFM မှ 150CFM အတွင်းဖြစ်သည်။ Horizational Balcance-Opposed Compressor ၏ Capaity Range မှာ 200cfm မှ 5000cfm အတွင်းဖြစ်သည်။

ချောဆီကိုအသုံးပြု့သည့် Air Compressor များမှထွက်လာသည့် လေထဲတွင်ပါလာသည့် ချောဆီကို ဖယ်ထုတ်ရန်လိုအပ်သည်။ ချောဆီမသုံးသည့် Oil Free Compressor များသည် Instrumentation တွင်ပိုအသုံးဝင်သည်။ Process လုပ်ငန်းများတွင် အသုံးပြုရန်လည်း သင့်လျော်သည်။ Non-Lubricated Machine (Oil Free) များသည် ပိုကောင်းသည့် Higher Specific Power Consumption (kW/cfm) ကိုရနိုင်သည်။ ယေဘူယအားဖြင့် ဆလင်ဒါတစ်လုံးသာပါသော Single Cylinder Reciprocating Compressor များသည် air cool အမျိုးအစားများဖြစ်ပြီး ဆလင်ဒါများစွာ ပါသော Multi Cylinder Reciprocating Compressor များသည် Water Cool အမျိုးအစားများ ဖြစ်ကြသည်။

Water Cool System များသည် Air Cool System များထက်ပို၍ Energy Efficient ဖြစ်ကြသည်။ High Pressure ရရှိရန်အတွက် Two Stage ကိုအသုံးပြုကြသည်။ Two Stage မှထွက်သော Discharge Air

၏အပူချိန် (Temperature) မှာ 140°C မှ 160°C ဖြစ်သည်။ Single Stage မှထွက်သော Discharge Air ၏အပူချိန် (Temperature) မှာ 205°C မှ 240°C ဖြစ်သည်။

Multi Stage Compressor များတွင် ဆလင်ဒါအဝင်နှင့်အထွက်တွင်ဖြစ်ပေါ်သည့် Differential Pressure သည် နည်းလေ့ရှိသည်။ ထို့ကြောင့် Compressor ၏ Components များဖြစ်ကြသော ဘားများ (Valves) နှင့် Piston Rings များပေါ်တွင် သက်ရောက်သော Stress များနည်းလေ့ရှိသည်။

Reciprocating air compressors များသည် positive displacement machines များဖြစ်ကြသည်။ cylinder အတွင်းရှိလေကို piston က တွန်းပေးခြင်းဖြင့် လေဖိအား (pressure) များအောင်ပြုလုပ်ခြင်းဖြစ်သည်။

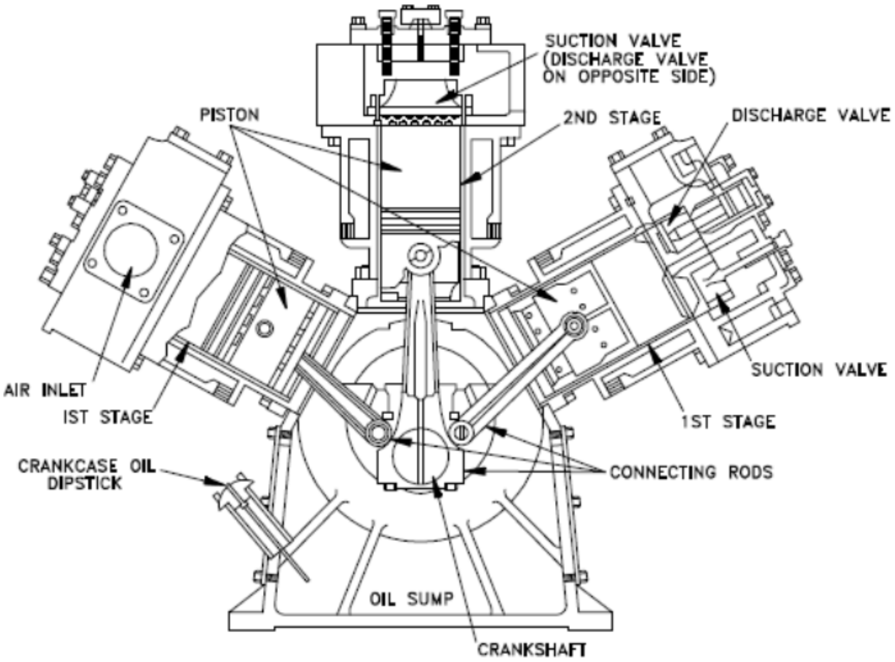
Reciprocating compressors များကို

က) Piston ၏ အလုပ်လုပ်ပုံကို အခြေခံ၍ Single acting operation နှင့် double-acting operation ဟု၍ခွဲခြားထားသည်။

ခ) Compress လုပ်သည့် အဆင့်(Stage)များ ကို အခြေခံ၍ Single-stage configuration နှင့် multi-stage configuration ဟု၍ခွဲခြားထားသည်။

ဂ) အအေးခံသည့် နည်းကို အခြေခံ၍ Air cooling(လေဖြင့်အအေးခံခြင်း) နှင့် water cooling(ရေဖြင့်အအေးခံခြင်း) ဟု၍ခွဲခြားထားသည်။

ဃ) ချောဆီ အသုံးပြုခြင်း ရှိမရှိကို အခြေခံ၍ Lubricated နှင့် Non lubricated (oil free) ဟု၍ခွဲခြားထားသည်။



Single-acting compressor များတွင် piston သည် stroke အဖြစ်သွားသည့် အခါတွင်သာ လုပ်လုပ်သည်။ (တနည်း လေကို ဖိသိပ်သည်။) double-acting compressor တွင် piston သည် အသွားနှင့် အပြန် နှစ်ဖက်စလုံးတွင် အလုပ်လုပ်သည်။

double-acting compressor သည် အသွားနှင့် အပြန် နှစ်ဖက်စလုံးတွင် အသွားအပြန် အလုပ်လုပ်သောကြောင့် ပို၍ efficient ဖြစ်သည်။ (ထုတ်ပေးနိုင်သည့် လေ ပမာဏတူလျှင်) double-acting compressor သည် single-acting compressor ထက် အရွယ်အစား ပို၍သေးငယ်သည်။ double-acting

compressor နှင့် single-acting compressor အရွယ်အစားတူလျှင် double-acting compressor သည် လေထုတ်ပေးနိုင်စွမ်းပိုများသည်။

သို့သော် double-acting compressor သည် ပို၍လေးလံသည်။ ဈေးကြီးသည်။ လေးလံခြင်း နှင့် unbalanced forces များခြင်းတို့ကြောင့် double-acting compressor ကို တပ်ဆင်ရန် အလွန်ခိုင်ခံ့သည့် foundation နှင့် support ရှိရန်လိုအပ်သည်။

Compression stages

Air compressors များသည် Single Stage Compression သို့မဟုတ် multiple stages compression ဖြစ်နိုင်သည်။ discharge pressure သည် 80 psig ထက်မြင့်လျှင် multiple stages compressor များအဖြစ်တွေ့ မြင်နိုင်သည်။ Multi stage compressor များသည် stage တစ်ခုနှင့် နောက် stage တစ်ခုအကြားတွင် compressed air ကို လေဖြင့် အေးအောင်ပြုလုပ်ထားခြင်းကြောင့် energy efficiency ပိုကောင်းကြသည်။ stage တစ်ခုနှင့် နောက် stage တစ်ခုအကြားတွင် ရေငွေ့ များ(moisture) ကိုလည်းဖယ်ထုတ်နိုင်သည်။

Multistage compression များ၏ အားသာချက်များမှာ

(က) Cylinder မှထွက်ပြီးနောက်(discharge) အခြား cylinder တစ်ခုအတွင်းသို့မဝင်မီ external cooler ဖြင့် compressed air ကို အေးအောင်ပြုလုပ်နိုင်သည်။

(ခ) Smaller flywheel ကိုသာအသုံးပြုပြီး multi-crank machines ဖြစ်သောကြောင့် mechanical balance ပိုကောင်းသည်။ uniform torque ကို ရနိုင်သည်။

(ဂ) Lower pressure in IP cylinder Clearances ဖြစ်သောကြောင့် volumetric efficiency ပိုများများရနိုင်သည်။

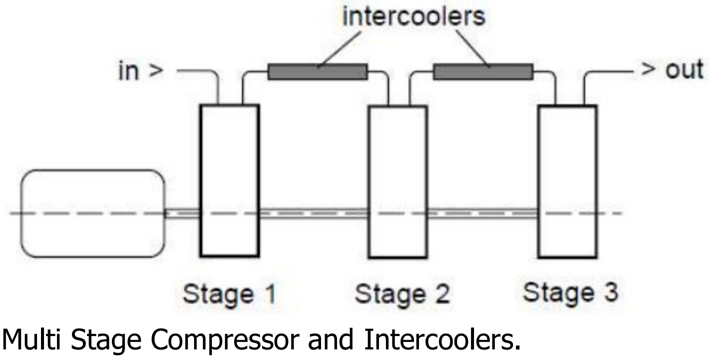
(ဃ) Drive လုပ်ရန်အတွက်လိုအပ်သော power ကိုလျော့ချနိုင်သည်။

(င) High speeds ဖြင့် မောင်းနိုင်သည်။

(စ) Smaller working temperature ဖြစ်သောကြောင့် lubrication ပိုကောင်းသည်။

(ဆ)ပေါ့ပါးသည့် cylinderများကို အသုံးပြုနိုင်သောကြောင့် leakage loss နည်းသည်။

Multistage compression



Multi Stage Compressor and Intercoolers.

Compressor ၏ capacity (RPM နှင့် volumetric efficiency) လျော့နည်းမသွားစေရန်နှင့် high compression ratios လိုအပ်သည့်အခါများ၌ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု(power input) များစေရန်အတွက် inter-cooling ပြုလုပ်ထားသော multi-staging Compressor များကို အသုံးပြုကြသည်။

ပုံမှန်အားဖြင့် multi-staging မှ အဆင့်များအားလုံး၌ speed တူညီကြသည်။

Compressor တစ်ခုလုံး၏ volumetric efficiency သည် first stage မှ volumetric efficiency နှင့်တူညီသည်။ first stage သို့ဝင်ရောက်လာသည့် inlet temperature နှင့် တခြားသော stage များသို့ဝင်ရောက်လာသည့် inlet temperature နှင့် တူညီလျှင် အကောင်းဆုံး (perfect) inter-cooling ဖြစ်သည်ဟု ပြောနိုင်သည်။

Stage တစ်ခုစီအတွက် work input သည် ထို stage တွင် compress လုပ်ပေးရသည့် pressure ratio ပေါ်တွင်မူတည်နေသည်။ (အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် stage များ အားလုံးအတွက် Air Flow တူညီကြသည်။) stage တစ်ခုချင်းစီ၌ work input ကို သင့်လျော်အောင် ထားခြင်းခြင်းဖြင့် compression ratio များကို ညီမျှအောင်ပြုလုပ်နိုင်သည်။

Single-stage unit သည် လေအဝင်(inlet) မှ လေထွက်သည့် (discharge) အချိန်အထိ တစ်ဆင့်သာ compress လုပ်သည်။ ယေဘူယအားဖြင့် 95 psi (6.5bar)ထက်နိမ့်သည့် ဖိအား(pressure ranges) အတွက် တစ်ဆင့်သာ compress လုပ်ရန် (single stage operation သာလုပ်ရန်) လိုအပ်သည်။ multi-stage unit များတွင် လေဝင်(inlet) မှ လေထွက်သည့် (discharge) အချိန်အထိ အဆင့်များစွာ (၂ ဆင့်မက) compress လုပ်ရသည်။ Multiple stage units များသည့် သီအိုရီအရ ပို၍ efficient ဖြစ်ကြသည်။

တစ်ဆင့်ပြီး (stage) နောင်တစ်ဆင့်သို့မရောက်ခင် အချိန်တွင် လေကို အအေးခံနိုင်သောကြောင့် compress ရန်လိုအပ်သည့် work ပမာဏကို လျှော့ချနိုင်သည်။ ယေဘူယအားဖြင့် 100 မှ 175 psig ဖိအားအတွင်လိုအပ်လျှင် two-stage operation ပြုလုပ်ရန်လိုသည်။ three-stage reciprocating units သည် ဖိအား 250 psig အထိရောက်အောင် compress လုပ်နိုင်စွမ်းရှိသည်။

Air compressor များမှထွက်သည့်အပူများကို လေ(air), ရေ(water) သို့မဟုတ် ဆီ (oil) တို့ကို အသုံးပြု၍ တနည်းနည်းဖြင့်အေးအောင်ပြုလုပ်နိုင်သည်။ Air-cooled compressors များတွင် air cooler များကို အတွင်း၌ တပ်ဆင်ထားနိုင်သည်။ သို့မဟုတ် အပြင်၌လည်းတပ်ဆင်နိုင်သည်။

Water-cooled compressor များအတွက် pressure မြင့်မြင့်နှင့် quality ကောင်းသည့်ရေ (lower temperature water) ရရန်လိုသည်။ . air compressors များသည် မြင်းကောင်ရေ ၁ကောင်းအားတိုင်း(for every 1 hp) အတွက် 2,000 - 2,500 Btu/hr ခန့် heat ကို reject လုပ်ပေးသည်။ . Water-cooled units များသည် energy efficiency ပို၍ကောင်းကြသည်။

Ambient air ဖြင့် compressor ကို အေးအောင်ပြုလုပ်သောကြောင့် Air-cooled compressor ဟုသတ်မှတ်ခေါ်ဆိုခြင်းဖြစ်သည်။ compressor ၏ cylinders head များတွင် fin ကလေးများတပ်ဆင်ထားခြင်းဖြင့် heat transfer ပိုများအောင် (ပိုအေးအောင်) ပြုလုပ်နိုင်သည်။

Duty cycles 50% မှ 75% ကို အခြေခံ၍ Air-cooled units များကို ဒီဇိုင်း ပြုလုပ် ကြသည်။ (အရွယ်အစား size ရွေးချယ်သည်။)
water-cooled compressors တွင် water jacket များကို cylinders heads ၏ အနားတွင်ထားရှိသည်။ ရေဖြင့်အေးစေခြင်း (water cooled) နည်းသည် လေဖြင့်အေးစေခြင်း (air cooled) ထက်ပို၍ efficient ဖြစ်သည်။

Drive အမျိုးအစားများ

Air compressor များကို electric motor သို့မဟုတ် engine သို့မဟုတ် steam သို့မဟုတ် turbine ဖြင့်မောင်းကြသည်။ စက်မှုလုပ်ငန်း (industrial) များတွင် Electrical motor ဖြင့်မောင်းသော Air compressor များကို   အများဆုံးတွေ့ ရလေ့ရှိသည်။
Heavy-duty လုပ်ငန်းခွင်များ နှင့် လျှပ်စစ်မီးမရနိုင်သည့် သတ္တုတွင်းနေရာများ၊ mobile air compressor များကို Engine သို့မဟုတ် turbine ဖြင့်မောင်းကြသည်။

Duty Cycle

Duty cycle ဆိုသည်မှာ compressor မောင်းသည့် အချိန်ကာလ (time) ဆိုလိုသည်။ 50% duty cycle ရှိသည့် compressor သည် ၁နာရီမောင်း ပြီး လျှင် တစ်နာရီ ရပ်နားနေမည်ဟုဆိုလိုသည်။ မြင်းကောင်ရေ ၁ကောင် အားသုံးလျှင် ၁မိနစ်၌ ၄ ကုဗပေ ထုပ်ပေးနိုင် (4 cfm/ hp) ပြီး 32.65 cfm အတွက် 50% duty cycle ဖြင့်မောင်းရန် လိုအပ်လျှင် compressor ၏ capacity မှာ 16.32 hp ဖြစ်သည်။ (8.16 hp မဟုတ်ပါ)

[32.65 cfm ÷ 4 cfm/hp] ÷ 50% duty cycle = 16.32 hp ဖြစ်သည်။

Reciprocating compressor ကို continuous duty (100% duty cycle) ဖြင့်မောင်းလိုလျှင် double acting ဖြစ်ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ရေဖြင့် အေးစေရမည်။ (တနည်း water cooled reciprocating compressor ဖြစ်ရမည်။) reciprocating compressors အတွက် On/off control နည်း နှင့် load/unload control နည်းကို အသုံးပြုနိုင်သည်။ Two-step control နည်းဆိုသည်မှာ ဆိုလျှင် compressor ကို start/stop ပြုလုပ်ခြင်း သို့မဟုတ် load/unload လုပ်ခြင်းတို့ဖြစ်သည်။

သတ်မှတ်ထားသည် လေဖိအား (Pressure)သို့ရောက်ချိန်တွင် compressor ကို ရပ်ရန်(Stop) သတ်မှတ်ထားသည် လေဖိအား (Pressure) အောက်ရောက်ချိန်တွင် compressor ကို မောင်းရန် (Start) ဖြစ်သည်။ ထိုနည်းကို On/off control နည်း သို့မဟုတ် start/stop control နည်း ဟု ခေါ်ဆိုသည်။ load/unload control နည်းသည်လည်း ထိုကဲ့သို့ပင်ဖြစ်သည်။ start/stop control တွင် Pressure setting ကို cut in / cut out pressure ဖြင့်ဖော်ပြလေ့ရှိသည်။ On/Off Control နည်းဆိုသည်မှာ compressed air demand ရှိသည့်အခါ (လိုသည့်အခါ) ၌ Air Compressor ၏ မော်တာကိုမောင်းထားပြီး (running) demand မရှိသည့်အခါ (မလိုသည့်အခါ) ၌ Air Compressor ၏ မော်တာကို ရပ်နားထားခြင်းဖြစ်သည်။ Load/unload ဆိုသည်မှာ Air Compressor ၏ မော်တာကို အမြဲ မောင်းထားပြီး compressed air demand ရှိသည့်အခါ (လိုသည့်အခါ) ၌ load လုပ်ခြင်း demand မရှိသည့်အခါ (မလိုသည့်အခါ) ၌ unload လုပ်ခြင်းဖြစ်သည်။

Cut in Pressure = 7 bar (7 bar ရောက်လျှင် မောင်းရန်)

Cut Out Pressure = 10 bar (7 bar ရောက်လျှင် မောင်းရန်)

အထက်ပါ Cut in/Out pressure ၏ အဓိပ္ပါယ်မှာ Pressure Vessel ၏ အတွင်းတွင် ရှိသော လေ၏ဖိအား(Pressure)သည် 10 bar သို့ရောက်လျှင် compressor ကို ရပ်ရန် သို့မဟုတ် unload လုပ်ရန် ဖြစ်သည်။ 10 bar လေဖိအား (Pressure) ကို Cut out pressure ဟုခေါ်သည်။

ထို့နောက် compressed air များကို အသုံးပြုနေသောကြောင့် လေဖိအား (Pressure) သည် 7 bar သို့ရောက်လျှင် compressor ကို ပြန်မောင်းရန် သို့မဟုတ် load လုပ်ရန် ဖြစ်သည်။ လေဖိအား (Pressure) 7 bar ကို Cut in pressure ဟုခေါ်သည်။

Three - step (0%, 50%, 100%) တွင် အဆင့်သုံးဆင့်ရှိသောကြောင့် compressor ငယ်နှစ်လုံးရှိနိုင်သည်။ compressor ငယ်နှစ်လုံး လုံးမောင်းနေပါက 100% ဖြစ်သည်။ compressor ငယ်နှစ် အနက်မှ တစ်လုံး လုံးမောင်းနေပါက 50% ဖြစ်သည်။ compressor ငယ်နှစ် လုံးလုံးရပ်နေပါက 0% ဖြစ်သည်။ Five-step ဆိုလျှင် 0%, 25%, 50%, 75%, 100% အတိုင်း control လုပ်ခြင်းဖြစ်သည်။

ထိုကဲ့သို့ control လုပ်ခြင်းဖြင့် loaded capacity နှင့် မော်တာ၏ လျှပ်စစ်ဓါတ်အား သုံးစွဲခြင်း (motor power consumption) တို့ တိုက်ရိုက်ဆက်သွယ်နေသည်။ တနည်း loaded capacity များလျှင် motor power consumption လည်းများမည် ဖြစ်သည်။ ယေဘူယအားဖြင့် reciprocating air compressor များသည် screw compressors များထက် ပို၍ ကောင်းသည့် unloading characteristics ပို၍ကောင်းကြသည်။ လေလိုအပ်မှု များလိုက်၊ နည်းလိုက်ဖြစ်တတ်သည့် (fluctuating air demand) လုပ်ငန်းများ အတွက် single compressor တစ်လုံတည်းသာတပ်ဆင်ထားလျှင် reciprocating air compressor ၏ unloading characteristics သည် ပို၍ သင့်လျော်သည်။

၃.၂ Rotary Air Compressors

Rotary Compressor များတွင် (Piston မပါဝင်ဘဲ) အဆက်မပြတ် လည်နေသည့် Rotar ပါရှိသည်။ Prime Mover (မော်တာ) နှင့် တိုက်ရိုက် တွဲ၍တပ်ဆင်ထားသောကြောင့် Starting Torque အလွန်နည်းသည်။ (Reciprocating Compressor နှင့်နိုင်းယှဉ်လျှင်) မြန်နှုန်းအမြင့် (High Speed) ဖြင့်မောင်းနိုင်သောကြောင့် ပိုများသော Air Output ကိုထုတ်ပေးနိုင်စွမ်း ရှိသည်။ (Reciprocating Compressor နှင့်နိုင်းယှဉ်လျှင်)

Rotary Compressor များတွင် အစိတ်အပိုင်းအနည်းငယ်သာပါဝင်သောကြောင့် ပျက်စီးမှုနှုန်း (Failure Rate) နည်းသည်။ သေးငယ်သော Foundation သာ ပြုလုပ်ရန်လိုအပ်သည်။ တုန်ခါမှု (Vibration) အလွန်နည်းသည်။

Rotary compressor များကို အောက်ပါအတိုင်း ခွဲခြားနိုင်သည်။

(၁) Screw compressors
(၂) Vane type compressors နှင့်
(၃) Lobe and scroll compressors နှင့် တခြားသော အမျိုးအစားများ (other types)

Rotary air compressor များသည် positive displacement compressor များဖြစ်ကြသည်။ အသုံးများသည့် Rotary air compressor များ၏ အရွယ်အစားမှာ 5HP မှ 900 HP အတွင်းဖြစ်ကြသည်။ rotary screw compressors ကို lubricated အမျိုးအစား အဖြစ်လည်းကောင်း dry (oil free) အမျိုးအစားအဖြစ် လည်းကောင်း လေသန့်စင်မှုလိုအပ်ချက် အပေါ်မူတည်း၍ ရွေးချယ်တပ်ဆင်ကြသည်။

Oil - cooled rotary helical screw compressors

22 CFM မှ 3,100 CFM အထိ လေပမာဏလိုအပ်လျှင် Oil - cooled rotary helical screw compressors များကိုအသုံးပြုကြသည်။
150 မှ 400 psia pressure range အတွက် Two-stage rotary-screw compressors ကိုအသုံးပြုရန် သင့်လျော်သည်။ Two stage ဖြစ်သောကြောင့် Stage တစ်ခုစီတွင် compression ratio နည်းကြသည်။

ထို့ကြောင့် Rotors ၏ အဝင်နှင့်အထွက် ဖိအားခြားနားချက်(pressure differential across the rotors) နည်းသော ကြောင့် thrust-bearing တွင် ထမ်းထားရသည့် ဝန်ပမာဏလည်းနည်းသည်။ two-stage units တွင် လေဝင်ပေါက်နှင့်လေထွက်ပေါက် နှစ်ပေါက်ပါရှိရန် လိုအပ်သောကြောင့် ဈေးကြီးသည်။ lubricated compressor များ၌ ချောဆီများကို လေထဲသို့ဝင်ရောက်စေပြီး လေကိုဖိသိပ်သောကြောင့်ဖြစ်ပေါ်လာသော

heat of compression ကို ချောဆီက စုပ်ယူသွားသည်။ ထို့ကြောင့် ချောဆီ၏ အပူချိန်သည် မြင့်တက်လာသည်။ (တနည်း ပူလာသည်။)

ထို့နောက် ပူလာသော ချောဆီကို လေ (air) သို့မဟုတ် ရေ (water) ဖြင့် heat exchanger အတွင်းတွင် ပြန်၍အေးစေသည်။ compressor အတွင်းတွင်သာ အေးစေသောကြောင့် လေကိုပူစေမည့် နေရာမရှိနိုင်ပေ။ ထို့ကြောင့် oil cooled rotary-screw compressors ကို အမြင့်ဆုံး load နှင့် အမြင့်ဆုံး pressure ဖြင့် ၂၄ နာရီပတ်လုံးမောင်းနေနိုင်သည်။ အနားပေးရန်မလိုပေ။

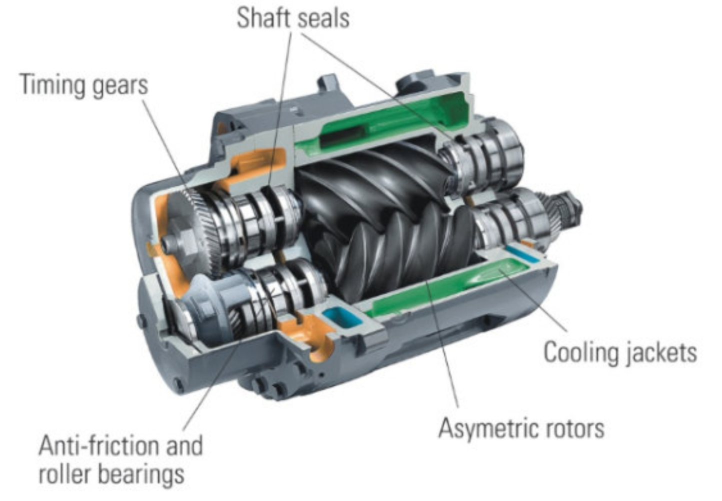
တခြားသော continuous-duty air compressors ဖြင့်နှိုင်းယှဉ်လျှင် oil-cooled rotary-screw Compressor ၏ အားသာချက်များ မှာ

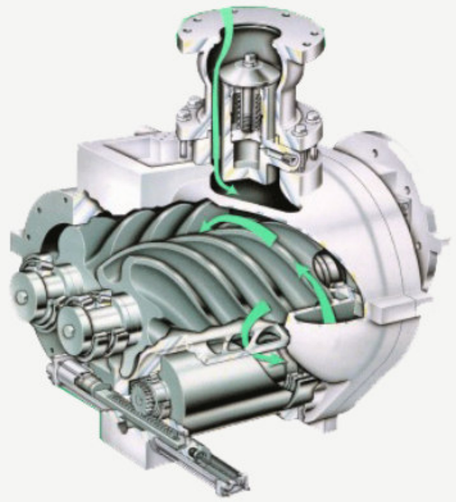
Oil cooling ကြောင့် internal temperatures ကို အကောင်းဆုံး(အနိမ့်ဆုံး) ထိန်းထားနိုင်သည်။ အထွက်လေ(discharge air)သည် အလွန် အပူချိန်နိမ့်သည်။ (လေထုအပူချိန်ထက် 180°F သာ ပို၍မြင့်မားသည်။တခြားသော compressor အမျိုးအစားများမှ ထွက်သောလေများသည် 180°F ထက်ပို၍မြင့်သည်။ အထွက်လေ (discharge air)သည် အလွန်သန့်ရှင်းသည်။ မီးလောင်ထားသည့် ချောဆီများ နှင့် ကာဗွန်များမပါဝင်ပေ။

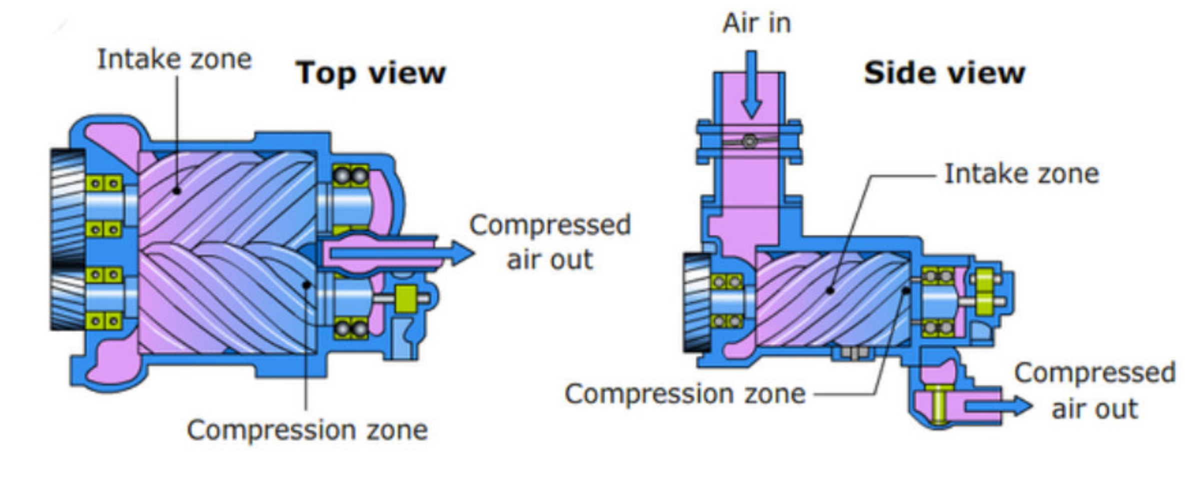
Rotary အမျိုးအစားဖြစ်သောကြောင့် speed များသည်။ အထူးသဖြင့် အရွယ်အစားကြီးသည့် compressor များ၌ ပိုမြန်သည့် speed ကို ရနိုင်သည်။ နေရာယူသည့် ပမာဏနှိုင်းယှဉ်လျှင် သေးငယ်သည့်နေရာ ၌များသော လေကိုထုတ်ပေးနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် foundation အတွက်နေရာကျဉ်းကျဉ်း နှင့် စက်ခန်းနေရာ အနည်းငယ်သာလိုအပ်သည်။

အရွယ်အစားသေးငယ်သည့်အပြင် ဆူညံသံဖြစ်ပေါ်မှုလည်းနည်းသည်။ လျှပ်စစ်မော်တာဖြင့်မောင်းသော compressor မှ ၁မီတာ အကွာဝေးတွင်တိုင်းလျှင် 75 dB မှ 85 dB ခန့်သာရှိသည်။ ရွေ့လျားနေသည့် အစိတ်အပိုင်းများ ပါဝင်မှုနည်းသောကြောင့် ထွက်သည့် အပူချိန်နည်းပြီး (အပူချိန်နိမ့်သည်။) တုန်ခါမှု (vibration) လည်းနည်းသည်။

ပါဝင်သည့် အစိတ်အပိုင်းများ နည်းသောကြောင့် spare part အနည်းငယ်ကိုသာ သိမ်းထားရန်လိုသည်။ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခြင်း ၊ ပြင်ဆင်ခြင်း လုပ်ရန်လည်းလွယ်ကူသည်။ အမြဲမောင်းနေရန်လိုအပ်သည့် base load ကို မောင်းရန် အကောင်းဆုံး compressor အမျိုးအစား ဖြစ်သည်။

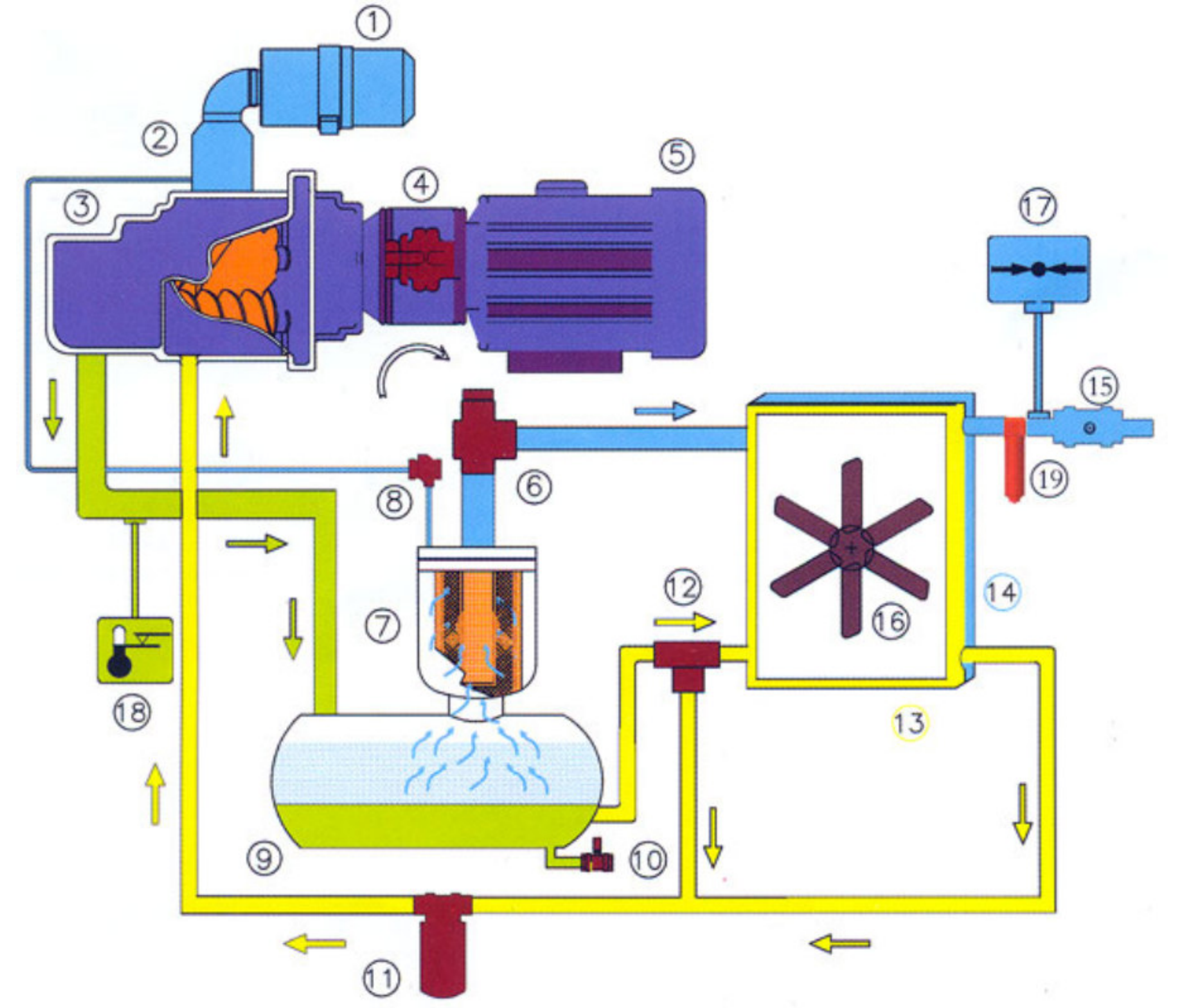






Screw compressor တစ်လုံးကို ဖြတ်ပြထားသည့်ပုံဖြစ်သည်။

အောက်တွင် Rotary screw compressor တစ်လုံး၏ Schematic Diagram ကိုဖော်ပြထားသည်။



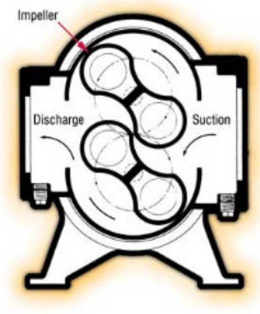
1. Air filter	2. Intake valve	3. Airend
4. Coupling	5. Motor	6. Minumum pressure valve
7. Separator elemet	8. Blow down valve	9. Receiver tank
10. Ball valve - drain	11. Oil filter	12. Thermal valve
13. Oil cooler	14. After cooler	15. Ball valve - service line

16. Fan	17. Pressure transmitter	18. Temperature sensor
19. Moisture separator		

Non-lubricated rotary screw နှင့် lobe compressors

Non-lubricated rotary screw နှင့် lobe compressors များကို "clearance-type" compressors များအဖြစ်သတ်မှတ်ခေါ်ဆိုကြသည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် အတွင်းရှိ အစိတ်အပိုင်းများ (internal parts) သည် တစ်ခုနှင့် တစ်ခု ထိတွေ့ ခြင်းမရှိသောကြောင့် ဖြစ်သည်။ Gear arrangement ဖြင့်သာမောင်းနှင်သည်။

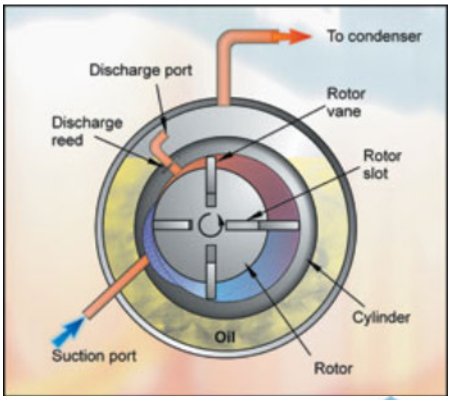
Compression chamber အတွင်းတွင် ချောဆီ (lubrication oil) ထည့်ရန် မလိုအပ်ပေ။ cylinder နံရံများကို water jacket မှ ရေများဖြန်းပေးခြင်းဖြင့် အေးစေသည်။

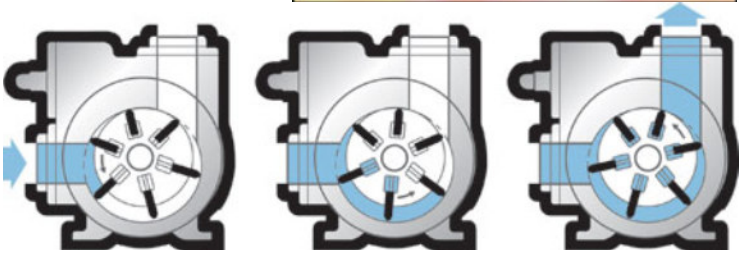


Lobes compressor သို့မဟုတ် screws compressor တို့သည် တစ်ခုနှင့် တစ်ခု drive ပြုလုပ်ခြင်းမရှိပဲ gear arrangement ဖြင့်သာမောင်းနှင်ကြသည်။ Compressor အတွင်းရှိ drive system ဖြစ်သော rotor နှင့် lobe တို့ အချက်ကျကျ ဟန်ချက်ညီညီ အလုပ်လုပ်နေအောင် timing gear က ဆောင်ရွက်ပေးကြသည်။ ချောဆီ (Lubricant) များ bearing နှင့် gear အနီးနေရာတွင်သာ ရှိနေစေရန် နှင့် compression chamber အတွင်းသို့လည်း မဝင်ရောက်စေရန် အတွက် ကာရံပေးထားရသည်။

End covers နှင့် rotor အကြားရှိလွတ်နေသည့် နေရာ ၏ clearance သည် အလွန်အဓိကကျသည်။ 400 မှ 12,000 CFM ထုတ်ပေးနိုင်သည့် Oil-free rotary helical screw compressors များကို ဈေးကွက်တွင် ရရှိနိုင်သည်။ 100 to 500 cfm ထုတ်ပေးနိုင်သည့် oil-free rotary lobe compressor များကို ဈေးကွက်တွင် ရရှိနိုင်သည်။

၃.၃ Sliding vane rotary compressors





Sliding vane rotary compressors များသည် လည်ပတ်နေသည့် vane များအကြားတွင်လေများပိတ်မိနေပြီး၊ vane များတစ်ပတ်ပြည့်အောင်လည်မိချိန်တွင် vane အကြားရှိနေရာသည် တဖြည်းဖြည်းသေးငယ်လာပြီး လေဖိအားလည်း တဖြည်းဖြည်း မြင့်တက်လာသည်။ နောက်ဆုံးထွက်ပေါက်သို့ရောက်ချိန်၌ လေဖိအားသည် အလိုရှိသည့် discharge pressure

သို့ရောက်သွားသည်။ ချောဆီများ (lubricant) ကို လေပေါ်သို့ ဖြန်းပေးခြင်းဖြင့် Heat of compressoion ကို ဖယ်ထုတ်ပစ်သည်။ ချောဆီ (lubricant)သည် vane ထိပ်ဖျား လွတ်နေသည့် နေရာများကိုလည်း seal လုပ်ပေးသည်။

Sliding vane rotary compressors များမှထုတ်ပေးနိုင်သည့် လေထုထည်မှာ 3,000 CFM ခန့်ဖြစ်သည်။ ထို compressor များကို oil injected အမျိုးအစား ၊ oil- flooded အမျိုးအစား ၊နှင့် oil-free type အမျိုးအစား များအဖြစ်ရရှိနိုင်သည်။ မောင်းရန် ကုန်ကျစရိတ်နည်းခြင်း နှင့် တုန်ခါမှုမရှိခြင်း တို့သည် အားသာချက်များဖြစ်သည်။ အသုံးပြုရန်နေရာတွင် အုပ်ဖိနပ် (foundation) မပါတတ်ဆင်နိုင်သည်။

Control လုပ်နိုင်သည့်နည်းများမှာ variable speed drive နည်း ၊ load/unload နည်း ၊ adjustable rotor length နည်း နှင့် throttling လုပ်ခြင်းနည်းတို့ဖြစ်သည်။ (listed in order of most efficient to least efficient at part load).

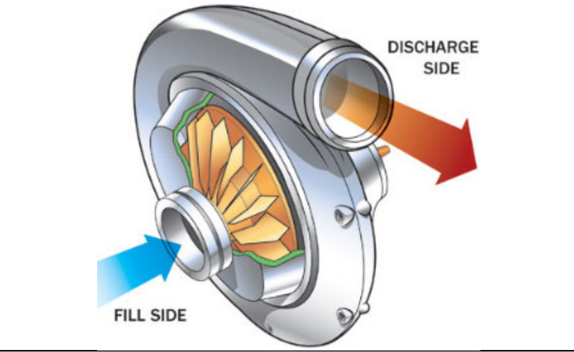
Variable speed drive နည်း	part load တွင် Efficient အဖြစ်ဆုံးဖြစ်သည်။
Load/unload နည်း	part load တွင် Efficient ဖြစ်သည်။
Adjustable rotor length နည်း	part load တွင် Efficient အနည်းငယ်ဖြစ်သည်။
Throttling လုပ်ခြင်းနည်း	part load တွင် Efficient သိပ်မဖြစ်ပါ။

Rotary positive displacement compressors များသည် reciprocating compressor ထက်ထားလျှင် ပို၍သေးငယ်ပြီး၊ ပို၍ ဆူညံ့သံနည်းသည်။ တပ်ဆင်ရန် နေရာ (footprints) အနည်းငယ်သာလိုသည်။

Screw compressorများ အဓိက အားသာချက်မှာ မရပ်နားပဲ အဆက်မပြတ်မောင်းနိုင်သည်။ reciprocating compressor များသည် 60% duty cycle သို့ ၆၀% ထက်နည်းသည့် duty cycle ဖြင့်သာမောင်းနိုင်သည်။

Two-stage rotary compressor များသည် single-stage reciprocating compressor များထက်ပို၍ efficient ဖြစ်သည်။ သို့သော် two-stage ၊ double-acting reciprocating compressor များ ၏ efficiency ကိုတော့မမှီနိုင်ပေ။

Rotary compressor များ ၏ အားနည်းချက်မှာ part load ဖြင့်မောင်းလျှင် efficiency သိသိသာသာကျဆင်းသွားသည်။ part load တွင် reciprocating compressor များကို ယှဉ်၍မရနိုင်ပေ။

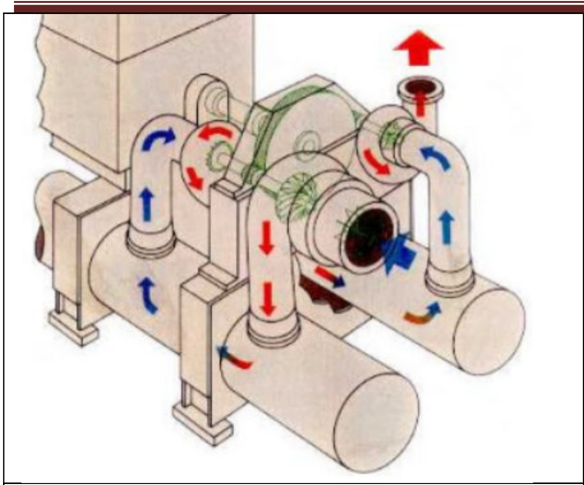
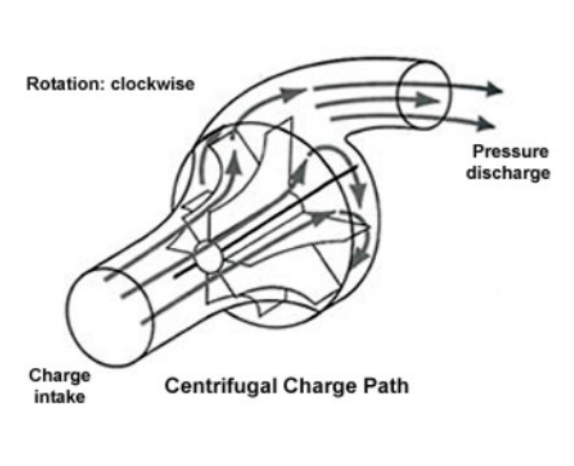


၃.၄ Centrifugal Air Compressors

Roto-dynamic compressor များကို အောက်ပါအတိုင်းခွဲနိုင်သည်။

(၁) Centrifugal compressors နှင့်

(၂) Axial flow compressors တို့ဖြစ်သည်။

	
Three stage integral gear compressor	

Centrifugal compressors များသည် dynamic compressor များဖြစ်ကြသည်။ dynamic compressor များသည် oil free compressor များဖြစ်ကြသည်။ လည်နေသည့် impeller များမှ လေကိုတွန်း၍ လေ၏ အလျှင်(velocity) သို့ (kinetic energy) ကို များအောင်ပြုလုပ်သည်။

ထိုနောက် velocity energy မှ pressure energy အဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲစေသည်။

Impeller ၌ pressure energy တစ်ဝက် ခန့် ဖြစ်ပေါ်ပြီး ကျန်ရှိသည့် pressure energy တစ်ဝက်သည် air speed ကို diffuser နှင့် volute အတွင်း၌ လျှော့နည်းစေကာ velocity energy မှ pressure energy သို့ပြောင်းလဲခြင်းသွားသည်။ လေဖိအားနည်းနည်း (low pressure)နှင့် လေထုထည်များများ(High Volume) လိုအပ်သည့် အခြေအနေမျိုးများတွင် Centrifugal compressor များ ကို အသုံးပြုကြသည်။ 600 hp ထက်နိမ့်သည့် Centrifugal compressor များကိုသာ ရနိုင်သည်။ Centrifugal compressors များသည် oil-free အမျိုးအစားများဖြစ်ကြသည်။ လေထဲတွင် ချောဆီလုံးဝ မပါဝင်ပေ။ (0 ppm oil carryover).

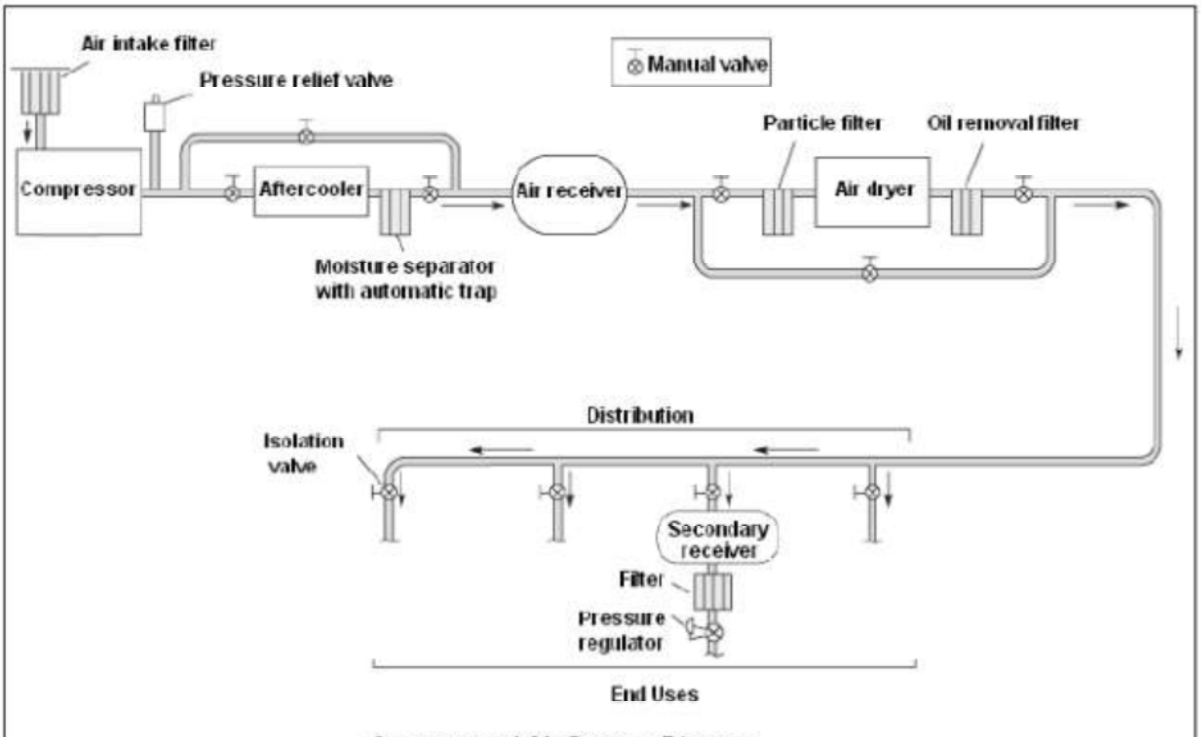
Centrifugal compressor သည် သတ်မှတ်ထားသည့် capacity ၏ ၈၀% ထက်နည်းလျှင် compressed air ကို လေထုအတွင်းသို့ ထုတ်ပစ်သည်။ "blow-off" လုပ်သည့်ဟုခေါ်သည်။ ထိုကဲ့သို့ "blow-off"လုပ်ပစ်ခြင်း သို့မဟုတ် compressed air ကို လေထုအတွင်းသို့ vent လုပ်ဖြစ်ခြင်း သည် စွမ်းအင်ဖြုန်းခြင်းဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် Centrifugal compressor များကို Base-load compressor များအဖြစ်သာ အသုံးပြု သင့်သည်။ Base-load compressor ဆိုသည်မှာ အချိန်တိုင်း 100% capacity ဖြင့် မောင်းနေမည့် compressor ကိုခေါ်ဆိုခြင်းဖြစ်သည်။ centrifugal compressors များ သည် full load efficiency အလွန်ကောင်းသောကြောင့် base-load compressors များအဖြစ်အသုံးပြုသင့်သည်။ အချိန်တိုင်း ၁၀၀% မောင်းနေအောင် ဒီဇိုင်းလုပ်သင့်သည်။

Rotor shortening လုပ်ခြင်း၊ variable speed driveတပ်ဆင်ခြင်း စသဖြင့် efficient unloading နည်းများဖြင့် reciprocating compressor သို့မဟုတ် screw compressor ကို trim compressor အဖြစ် တွဲ၍ အသုံးသင့်သည်။ လက်ရှိမောင်းနေသည့် load သည် base-load compressors ၏ capacity ထက်များသည့် အခါ၌ partial load ဖြင့်မောင်းမည့် compressor သည် trim compressor ဖြစ်သည်။

Centrifugal compressors တွင် inlet valves သို့ inlet guide vanes ဖြင့် capacity ကို ထိန်းချုပ်ခြင်းသည် rotary screw compressor များတွင် inlet valve ကို ပိတ်ခြင်း၊ဖွင့်ခြင်း capacity ကို ထိန်းချုပ်ခြင်း နှင့် ပုံစံတူသည်။

ထိုသို့ပြုလုပ်ခြင်းသည် efficient ဖြစ်သည့်နည်းမဟုတ်ပေ။ centrifugal compressor ၏ maximum Capacity ထက် ၇၅% - ၈၀% ထက်နည်းအောင် throttle လုပ်လျှင် Surge ဖြစ်ပေါ် နိုင်သည်။ Surge

ဆိုသည်မှာ compress လုပ်ပြီးသားလေများ compressor အတွင်းသို့ ပြန်လည် ဝင်ရောက်လာခြင်းဖြစ်သည်။ (လေများကို ပုံမှန်စဥ်ဆက်မပြတ်သွားနေအောင် ထိန်းမထားနိုင်လျှင်)။ Surge ဖြစ်လျှင် အလွန်အမင်းတုန်ခါမှုများ နှင့် အချိန်တိုအတွင်း အစိတ်အပိုင်းများ ပျက်စီးခြင်းတို့ဖြစ်နိုင်သည်။



Compressed Air System Diagram

၄. Primary နှင့် Secondary Air Receivers

Receiver tank သည် လေ(compressed air)များကို သိုလှောင်ထားသည် vessel တစ်ခုဖြစ်သည်။ အလွန်များသည့် လေပမာဏ (peak demand)လိုအပ်သည့်အခါ receiver tank ထဲမှသိုလှောင်ထားသည့် လေများ ကိုထုပ်သုံးပြီး System pressure မကျစေပဲထိန်းထားနိုင်သည်။

Air receiver tank သည် အောက်ပါလုပ်ဆောင်ချက်များကို ဆောင်ရွက်ပေးသည်။

၁) reciprocating compressors မှ flow သို့မဟုတ် Pressure များဆောင့်တက်ခြင်း ကို ကာကွယ်ပေးသည်။

၂) အချိန်တိုအတွင်း အလွန်များသည့် လေပမာဏ (peak demand)လိုအပ်သည့်အခါ Air receiver tank မှ သိုလှောင်ထားသည့် လေများ ကိုထုပ်သုံးပြီးခြင်းဖြင့် compressor နောက်ထပ်တစ်လုံးကိုထပ်မောင်းရန် မလိုအပ်ပေ။

၃) Air receiver tank ကို တပ်ဆင်ထားသောကြောင့် load/unload ရမည့် အကြိမ်ရေအတွက် သို့မဟုတ် start/stop လုပ်ရမည့်အကြိမ်အရေအတွက်ကို လျှော့ချနိုင်သည်။ screw compressor သည် တစ်နာရီအတွင်းတွင် ၄ကြိမ်မှ ၆ကြိမ် ထက်ပို၍ ရပ်ခြင်း၊မောင်းခြင်း မဖြစ်အောင် ကန့်သတ် ထားသည်။

၄) ပိုကောင်းမွန်သည့် compressor control နှင့် ပိုတည်ငြိမ်သည့် system pressures များကို ဖြစ်စေနိုင်သည်။

၅) ရေခိုးရေငွေ .(moisture)နှင့် oil vapor ကို Air receiver tank အတွင်းတွင် ခွဲခြားပေးသည်။ after coolers မှ ပါလာသည့် ရေခိုးရေငွေ့ များ (moisture carried over) ကို Air receiver tank အတွင်းတွင် အနယ်ထိုင်ကျန်ရစ်စေသည်။

Air receiver tank ကို primary storage နှင့် secondary storage ဟု၍ နှစ်မျိုး ခွဲခြားနိုင်သည်။ Air receiver tank ကို Primary storage အဖြစ်သုံးသည့်အခါ တွင် compressors ၏ အနီးဆုံးနေရာတွင်ထားရှိရမည်။ သို့မှသာ အချိန်အနည်းငယ်အတွင်း ချက်ချင်း တုန့်ပြန်နိုင်သည်။

Air receiver tank ကို secondary storage အဖြစ်သုံးသည့်အခါ သုံးပြုသည့်နေရာ၏ အနီးဆုံးနေရာတွင် ထားရှိရမည်။ ယေဘူယအားဖြင့် (တနည်း rule of thumb နည်းအရ) ***"size your primary air receiver tank at about one gallon capacity for every CFM of air compressor output".***
Primary receiver tank အရွယ်အစားကို လေထွက်နှုန်း 1 CFM လျှင် one gallon နှုန်းထားရှိရမည်။

ဥပမာ 1000 CFM ထုပ်ပေးနိုင်သော compressor အတွက် receiver tank ၏ အရွယ်အစားမှာ ဂါလံ ၁၀၀၀ (1,000 gallons) ဖြစ်ရမည်။ receiver tank ၏ အရွယ်အစား ကို တွက်ချက်သည့် အခါတွင် capacity control နှင့် compressor starting delays တို့ကိုလည်းထည့်သွင်းတွက်ချက်သင့်သည်။

Primary receiver တည်ရှိရာနေရာသည် air dryer အပေါ် များစွာ အကျိုးသက်ရောက်မှု ရှိသည်။ အကယ်၍ air dryer ၏ အောက်ဘက်(downstream)တွင် တည်ရှိသော Receivers သည် dry air ပမာဏများစွာကို သိုလှောင်နိုင်စွမ်းရှိသည်။ compressor capacity ထက်ပိုများသည့် လေပမာဏ ကို ချက်ချင်းလိုအပ်ပါက receiver အတွင်းမှ သိုလှောင်ထားသည့်လေများ ကို ထုတ်ယူနိုင်သည်။ (System Pressure ကိုမကျစေပဲထိန်းထားလျှက်)

အကယ်၍ primary receiver သည် dryer ၏ အပေါ်ဘက် (upstream side)တွင်တည်ရှိလျှင် compressor မှ Flow နှင့် အတူ receiver အတွင်းမှ သိုလှောင်ထားသည့် လေများ dryer အတွင်းသို့ဝင်ရောက်နိုင်သည်။ ထိုကြောင့် ထိုနှစ်ခုပေါင်း Flow သည် dryer capacity ထက်ပိုများနိုင်သည်။ ထိုကြောင့် primary Receiver ကို dryer နှင့် filter တို့၏ အောက်ဘက်တွင်(downstream) ထားရခြင်းဖြစ်သည်။

Secondary Receivers

အချိန်အနည်းငယ်သာ လေ ပမာဏပြောက်များစွာလိုအပ်ခြင်း (large fluctuations) သို့မဟုတ် air demand အလွန်များခြင်း၊ အလွန်နည်းခြင်းဖြစ်လေ့ရှိသည့် Facilitie များ၊ လေဖိအား မလုံလောက်သည့် (insufficient air pressure) air distribution system များ တွင် Primary Air receiver အပြင် နောက်ထပ် ၁လုံး သို့မဟုတ် ၂လုံးထက်ပိုသည့် secondary air receiver များတပ်ဆင်ထားရန်လိုအပ်သည်။

Secondary receiver များသည် လေကို အသုံးပြုသည့်နေရာ(point of air use)၏ အနီးကပ်ဆုံးနေရာတွင် တပ်ဆင်ထားရန်လိုအပ်သည်။ သို့တည်းမဟုတ် လေပမာဏပြောက်များစွာ အချိန်အနည်းငယ်ခန့်သာ အသုံးပြုသည့် equipment အနီးတွင် တပ်ဆင်ထားရန်လိုအပ်သည်။ လေပမာဏပြောက်များစွာ အမြဲတမ်းလိုအပ်နေလျှင် Secondary receiver ရန်မလိုအပ်ပါ။ compressor ၏ capacity ကို များအောင် ပြုလုပ်ပေးနိုင်သည်။

Receiver သည် compressed air 1 cubic foot per per psi သည် ဂါလံ ၁၁၀ ထုထည်နှင့်ညီမျှသည်။ လိုအပ်သည့် cubic feet ကို pressure ဖြင့်စား၍ ၁၁၀ ဖြင့် မြှောက်လျှင် receiver size ကို တွက်ယူနိုင်သည်။ ပိုမိုနားလွယ်စေရန် အောက်ပါဥပမာကိုလေ့လာနိုင်ပါသည်။

ဥပမာ

Sand blasting လုပ်ရန်အတွက် compressed air 100 cfm @ 80 psi လိုအပ်သည်။ sand blasting လုပ်ရန်အတွက် ဖိအား 80 psi လိုအပ်သည်။ အချိန် 10 minutes တိုင်းတွင် sand blasting လုပ်ချိန်သည် 1 minute ခန့်ကြာသည်။ system pressure (compressor မှ ထုပ်သည့် ဖိအား)သည် 100 psi ဖြစ်သည်။ လိုအပ်သော transient load အတွက် secondary receiver ၏ အရွယ်အစား (size) တွက်ပါ။

• လိုအပ်သော လေ ကုဗပေ (Cubic feet required) = 100 cfm x 1 minute = 100 cubic feet
• ဖိအားကွာခြားချက် -Pressure (psi) range = 100 – 80 = 20 psi
• secondary receiver ၏ အရွယ်အစား -
Storage receiver required = 100 cubic feet × 110/20 psi = 550 gallons (US)
Receiver ကို ၁မိနစ်လျှင် 10 cfm နှုန်းဖြင့် 10 minutes မောင်းသည့်အခါ 100 cfm ရရှိမည်။ လေအဝင်ပေါက် (inlet) ကို orifice or needle valve ဖြင့် ထိန်းချုပ်ထားပြီး storage tank ကို သင့်လျော်သော အနိမ့်ဆုံး flow rate ဖြင့် ပြန်ဖြည့်နိုင်သည်။ sand blasting လုပ်ရန်အတွက် လိုအပ်သည့် ဖိအား 80 psi ကို လျှော့နည်းစေလိမ့်မည်မဟုတ်ပေ။
primary storage (သို့ primary receiver tank) နှင့် secondary storage (သို့ secondary receiver tank) နှစ်မျိုးလုံးသည်လိုအပ်သည် demand နှင့် ထုပ်ပေးနိုင်သည့် supply တို့ အကိုက်ညီဆုံးဖြစ်အောင် ဆောက်ရွက်ပေးကြသည်။ ၆ လက်မထက်ကျော်သည့် Air receiver tanks များကို ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII မှ သတ်မှတ်ထားသည့် စည်းမျဉ်း စည်းကမ်းများ အတိုင်းတည်ဆောက်တပ်ဆင်ရန်လိုအပ်သည်။

၅. Compressed Air Systems တွင်ပါဝင်သည့် Auxiliary Component များ

Compressed air system တစ်ခု၏ compressor နှင့် sub-component တို့ကိုရွေးချယ်သည့်အခါ ကုန်ကျမည့် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုစရိတ်ကို သေချာစွာတွက်ချက်ပြီးမှ သင့်လျော်သည့် compressor အမျိုးအစား နှင့် sub-component တို့ရွေးချယ်သင့်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ရေရှည်တွင် အသုံးပြုရသည့်စွမ်းအင် ကုန်ကျမှု စရိတ်သည် နှင့် sub-component တို့၏ တန်ဘိုးထက်အစပေါင်းများစွာပိုများသည်။ efficient ဖြစ်သည့် compressor အမျိုးအစား နှင့် sub-component တို့ရွေးချယ်သင့်သည်။
Compressed air auxiliary equipment များ မှာ

က) Coolers,
ခ) Filters,
ဂ) Separators,
ဃ) Dryers,
င) Heat recovery equipment,
စ) Lubricators,
ဆ) Pressure regulators,
ဇ) Air receivers,
ဈ) Condensate drains, နှင့်
ည) Automatic drains တို့ဖြစ်သည်။

ထိုကိရိယာများသည် air compressor နှင့် ပတ်သက်နေသည့်အပြင် လိုအပ်သည့် compressed air specifications အဖြစ်သို့ရောက်အောင် တနည်းနည်းဖြင့်ကူညီပံ့ပိုးပေးနေသည်။

Typical compressed air supply system တစ်ခုကို အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည်။ ထိုပုံတွင်ဖော်ပြထားသော components အားလုံးသည် compressed air system တစ်ခုလုံး၏ efficiency ကို တနည်းနည်းဖြင့် အကျိုးသက်ရောက်မှုရှိစေသည်။

၅.၁ Intercoolers နှင့် After-coolers

Intercoolers

လေများသည် ဖိသိပ်ခြင်းခံရသည့်အခါ အပူချိန်မြင့်တက်လာသည်။ ထိုကဲ့သို့အပူချိန်မြင့်ထက်မှုကြောင့် လေ၏ထုထည်လည်းတိုးပွားလာသည်။ များလာသည်။ ထိုကြောင့် Intercooler ကို လေများ ဖိသိပ်ခံရသည့်အခါတွင် ထွက်ပေါ်လာသည့် အပူများ(heat of compression)ကို ဖယ်ရှားရန်အတွက် အသုံးပြုကြသည်။ Intercooler မှ အအေးခံပြီး အပူချိန်နိမ့်သွားသည့် လေများ၏ ထုထည်သည်လည်းနည်းသွားသည်။ ထိုအခါ
Intercooler ကြောင့် ပိုများသည် လေထုထည်(air volume)ကို compress လုပ်နိုင်သည်။ ထိုကြောင့် compression efficiency သည်လည်းပိုကောင်းလာသည်။ Intercooler သည် compression တစ်ခုနှင့် တစ်ခုအကြားတွင် တပ်ဆင်ထားသည်။ After-cooler ကို compressor ၏ အထွက်တွင်တပ်ဆင်ထားသည်။

After-cooler

After-cooler သည် heat exchanger တစ်ခုဖြစ်ပြီး compressor ၏ အထွက် အနီးဆုံးနေရာတွင် တပ်ဆင်လေ့ရှိသည်။ after-cooler သည် ချောဆီ(lubricant) နှင့် ထွက်လာသည့်လေ (discharge air) တို့ ၌ရှိနေသည့် heat of compression ကို ဖယ်ရှားပေးသည်။
air cooler ကို စနစ်တကျအသုံးပြုရန်အရေးကြီးသည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် compressed air တွင် ပါဝင်သည့် ရေခိုးရေငွေ့ (moisture content) သည် အထွက်လေ၏ အပူချိန် (discharge temperature)နှင်တိုက်ရိုက်ဆက်သွယ်မှုရှိသည်။

1,000 SCFM ရှိပြီး 100°F အပူချိန်ရှိသော saturated compressed air မှ နေ့တိုင်း(၂၄နာရီတိုင်း) တွင် 67 gallons ထုထည်ပမာဏရှိသော ရေကို ဖယ်ထုပ်ပေးလိမ့်မည်။ ထိုရေများသည် compressed air တွင် ပါဝင်သည့် ရေခိုးရေငွေ့ (moisture content) မှ condensation ဖြစ်ပြီးထွက်ပေါ်လာသောရေများဖြစ်သည်။ အကယ်၍ ထိုရေခိုးရေငွေ့ (moisture content) များသည် ပိုက်များ (piping)၊ pneumatic tools နှင့် instruments ဆီသို့ရောက်ရှိပြီး ထိုကိရိယာများအတွင်း၌ condensation ဖြစ်ပေါ်ပါက ပျက်စီးနှင့် ပုံမှန် အလုပ်မလုပ်ခြင်းတို့ ဖြစ်ပေါ်လာနိုင်သည်။

After-cooler သည် compressor နှင့် air dryer တို့နှစ်ခုအကြား compressor နှင့် အနီးကပ်ဆုံးနေရာတွင်တည်ရှိရမည်။ cooler များကို အချိန်မှန် သန့်ရှင်းရေးပြုလုပ်ရနလိုအပ်သည်။ သို့မှသာ အပူများကို ကောင်းစွာဖယ်ထုပ်နိုင်မည်ဖြစ်သည်။
Cooler မှ အထွက် အပူချိန် 38°C [100ºF] ထက်ပိုနိမ့်လျှင် air dryer ကို overload ဖြစ်စေနိုင်သည်။ ရေငွေ့ ပါဝင်မှု ပြဿနာများ (moisture problems) ဖြစ်ပေါ်လာနိုင်သည်။
Compressors များကို အအေးခံသည့်အမျိုးအစား (type of cooling) လိုက်၍ ခွဲခြား သတ်မှတ်ထားသည်။
Air cooled compressors – ပန်ကာ (Fan)ကိုအသုံးပြု၍ လေကို compressor အားဖြတ်သွားစေခြင်းဖြင့် အအေးခံသောနည်းဖြစ်သည်။ cooling efficiency နိမ့်သောကြောင့် capacity နည်းသော compressors များတွင်အများဆုံးအသုံးပြုသည်။
Water cooled compressors - heavy duty သို့မဟုတ် အမြဲမောင်းရန်လိုအပ်သည့် (continuous applications) compressor များတွင် ရေဖြင့်အအေးခံခြင်းနည်း (water cooling system) ကိုအသုံးပြုသည်။ များသောအားဖြင့် cooling efficiency အလွန်ကောင်းသည်။

Circulating Water Cooling System
အမြဲမောင်းရန်လိုအပ်သည့် (continuous operation) Air compressor များ သည် heat of compression အထွက်များကြသည်။ ထိုကြောင့် ထို heat of compression ကို after-cooler နှင့် oil cooler နှစ်မျိုးလုံးကို အသုံးပြု၍ ဖယ်ထုပ်ရန်လိုအပ်သည်။

Intercooler ၊ cylinder jacket နှင့် after cooler တို့ ၌ လုံလောက်သော cooling water ပမာဏရမှသာ compressor ကို အေးစေနိုင်ခြင်း, compressed air အပူချိန်ကိုကျဆင်းစေခြင်းနှင့် ပါဝင်လာသော ရေငွေ့ ရေငွေ့ (moisture) ကိုကောင်းစွာဖယ်ထုပ်နိုင်ခြင်းဖြစ်ပေလိမ့်မည်။ Compressor စမမောင်းခင် cooling water စီးဆင်းနေမှုဖြစ်မဖြစ်ကို flow switch တပ်ဆင်၍ စစ်ဆေးရန်လိုအပ်သည်။ cooling water စီးဆင်းနေခြင်းမရှိပါက flow switch သည် activate ဖြစ်လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။ ထိုအခါ compressor စမောင်းရန်မဖြစ်နိုင်ပါ။

Liquid seal အမျိုးအစား rotary compressor နှင့် after-cooler အတွက် cooling water ပိုက်ကို series ပုံစံဖြင့် ချိတ်ဆက်ထားရမည်။ ထုပ်လုပ်ရောင်းချသူများ (compressor manufacturer) ၏ လမ်းညွှန်အကြံပေးချက်များ (recommendations) အတိုင်း ပိုက်များကို ဒီဇိုင်းလုပ်ခြင်း၊ တပ်ဆင်ခြင်းတို့ ပြုလုပ်ရမည်။

Cooler system component များ၏ အတွင်းတွင် အနယ်ထိုင်ခြင်း၊ ချေးကပ်ခြင်း၊ ကြေးညှိတက်ခြင်း နှင့် သံချေးတက်ခြင်းတို့ (fouling) မဖြစ်ပေါ်စေရန်အတွက် piping system များတွင် strainerများ သို့မဟုတ် filterများတပ်ဆင်ထားရမည်။

Intercoolers, cylinder jackets, and after-coolers များ မှ အပူများကို ဖယ်ထုပ်နိုင်စွမ်းကို အောက်တွင်ဖော်ပြထားသည်။

Heat dissipation (Btu/minute/BHP total)

	Single Stage	Two Stage
Intercooler	None	20
Cylinder Jacket	15	5
After-cooler	26	17

intercoolers, cylinder jackets, and after-coolers တို့အတွက်လိုအပ်သော cooling water ပမာဏကို အောက်ပါအတိုင်းတွက်ယူနိုင်သည်။

$$Gallon\ Per\ Minuter\ (GMP) = \frac{Break\ Horse\ Power\ (BHP)\ x\ Heat\ Dissipation}{\Delta\ T\ x\ 8.33}$$

Where:

- GPM = gallons of water flow per minute.
- BHP = air compressor brake horsepower.
- Heat dissipation = value from table above (အထက်ပါဇယားမှ သင့်လျှော်ရာတန်ဘိုးများ)
- ΔT သို့မဟုတ် T-rise = degrees F, water temperature rise.

cylinder inlet ports အနီးအနားတွင် ရေသီးခြင်း(condensation) မဖြစ်ပေါ်စေရန် ဝင်လာသည့် cooling water အပူချိန်နှင့် ထွက်သွားသည့် လေ၏ အပူချိန် တို့ ကွာခြားချက်ကို 15°F များအောင်ပြုလုပ်ထားရမည်။

15°F များစေရန် ရေကို intercooler ထဲသို့ အရင်ဝင်ရောက်စေပြီးနောက်မှ သာ cylinder jackets များဆီသို့ရောက်သွားစေရန်ဖြစ်သည်။ တခြားသောနည်းတစ်ခုမှာ cylinder jacket အတွင်းသို့ဝင်သွားမည့် ရေပမာဏ(ရေစီးဝင်နှုန်း)ကိုလျှော့ချရန်ဖြစ်သည်။
compressor ထုပ်လုပ်သူများ (manufacturer) နှင့်တိုင်ပင်၍ cylinder jacket အတွက်လိုအပ်သော ရေပမာဏ(ရေစီးဝင်နှုန်း)ကို ရယူရန်ဖြစ်သည်။

၅.၂ Filters

air compressors များအားလုံးသည် အမှုန့်များ (dust) နှင့် airborne vapors များကို အလွန်သည်းမခံနိုင်ကြပေ။ ထို contaminants များသည် လည်နေသည့်အစိတ်အပိုင်းများ အပေါ်တွင် တင်ကျန်ရစ်ကာ တိုက်စားခြင်းများဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။ mechanical unbalance ဖြစ်ပေါ်ကာ compressor များကို ပျက်စီးစေနိုင်သည်။

Compressor အဝင်၌ရှိသော intake filter သည် အဓိကအကျဆုံးဖြစ်သည်။ Compressed Air System အတွင်းသို့ဝင်လာသည့် အမှုန့်များ (dust) နှင့် particulate များ အားလုံးကို ဖယ်ရှားပေးနိုင်စွမ်းရှိရမည်။ downstream ၌ရှိသော air filter များသည် particulates ၊ condensate နှင့် lubricant စသည့် contaminant များကို ဖယ်ရှားပေးရမည်။ လေသန့်ရှင်းမှု (cleanliness) လိုအပ်ချက်ပေါ်တွင်မူတည်၍ filter များကို ရွေးချယ်တပ်ဆင်နိုင်သည်။

Compressed Air Filters အမျိုးအစားများ

Coalescing filters ကို lubricant နှင့် moisture များဖယ်ရှားဖြစ်ရန်အတွက်အသုံးပြုသည်။
Dsorbent filters ကို odors နှင့် taste များဖယ်ရှားဖြစ်ရန်အတွက်အသုံးပြုသည်။
Desiccant-type dryer ၏ အောက်ဖက်တွင် desiccant အမှုံကလေးများ ("fines") ကို ဖယ်ရှားရန်အတွက် particulate filter ကို အသုံးပြုသင့်သည်။ Coalescing-type filter ကို desiccant bed များ fouling ဖြစ်ခြင်းမှ ကာကွယ်ရန်အတွက် desiccant-type dryer ၏ ပေါ်ဘက်တွင် (before dryer) တွင် တပ်ဆင်အသုံးပြုသင့်သည်။ အသုံးပြုသည့်နေရာသို့ desiccant အမှုံကလေးများ ("fines") မရောက်သွားစေရန်အတွက် one micron filter ကို အသုံးပြုသင့်သည်။ အခြားသော special လိုအပ်ချက်များ ရှိပါက filtration တစ်မျိုးမျိုးကို ထပ်မံသအသုံးပြုသင့်သည်။

Air compressor ၏ အောက်ဖက်တွင် particulates, condensate, and lubricant စသည့် contaminants များကို ဖယ်ရှားရန်အတွက် Compressed air filters ကို အသုံးပြုကြသည်။

လိုအပ်သည့် အဆင့်အထိသာ လေ များကို သန့်စင်သင့်သည်။ လိုအပ်သည်ထက်ပို၍ over filtration ပြုလုပ်ပါက ဖိအားကျဆင်းမှု (pressure drop) များလာပြီး စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု (energy consumption) လည်းပိုများလာလိမ့်မည်။ လေသန့်စင်သည် Elements များနှင့် filter များ ၌ pressure differential sensor များတပ်ဆင်၍ သတ်မှတ်ထားသည့် ဖိအားကျဆင်းမှု (pressure drop) ထက်ပိုများလာပါက လဲလှယ် တပ်ဆင်ခြင်း၊ ဆေးကြောခြင်းများပြုလုပ်သင့်သည်။

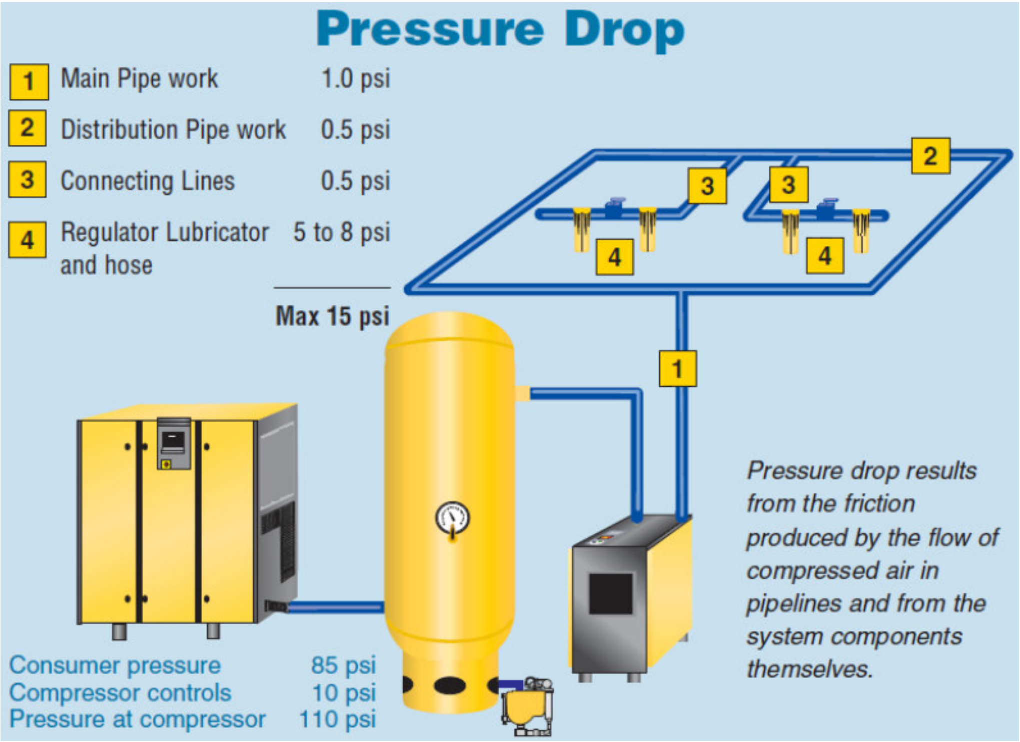
Piping

Compressor မှ compressed air များကို equipment များ နှင့် processes ဆီသို့ ပိုက်များဖြင့် သယ်ဆောင်သွားသည်။ အသုံးများသော ပိုက်အမျိုးအစားများမှာ galvanized ပိုက်၊ black steel ပိုက် နှင့် stainless steel ပိုက်များဖြစ်သည်။ ပိုက် အချင်း (Diameter) ၂လက်မထက်ကျော်သည့်ပိုက်များကို schedule

80 ဆင့်ရှိသော ပိုက်များကို အသုံးပြုရမည်။ ၂လက်မထက်သေးငယ်သည့်ပိုက်များကို schedule 40 ဆင့်ရှိသော ပိုက်များကို အသုံးပြုရမည်။

Schedule 40 ဆင့်ရှိသော ပိုက်များသည် 175 psig ဖိအား (pressure range) အတွက် သင့်လျော်သည်။ အကယ်၍ compressed air အတွက် ကြေးပိုက် (Copper) အသုံးပြုလျှင် Type K or Type L အဆင့်ရှိသော ကြေးပိုက်များကို အသုံးပြုရမည်။ Fiberglass reinforced plastic (FRP) များကို လည်း compressed air အတွက် အသုံးပြုနိုင်သည်။ သို့သော် အောက်ပါ အချက်များကို ကန့်သတ်ချက် အဖြစ်ထားရှိသည်။

အမြင့်ဆုံးဖိအား(maximum pressure) 150 psig အတွက် အပူချိန် 200°F ထက်ပိုစေရ။
အမြင့်ဆုံးဖိအား(maximum pressure) 75 psig အတွက် အပူချိန် 250°F ထက်ပိုစေရ။
PVC ပိုက်များသည် ဈေးသက်သာသည်။ တပ်ဆင်ရန်လွယ်ကူသည်။ အလေးချိန်နည်းသည်။ သံချေးမတတ်နိုင်။ သို့သော် PVC ပိုက်များသည် ကျိုးပျက်လွယ်သည်။ (brittle)။ ထို့ကြောင့် PVC ပိုက်များကို မြေထဲတွင် မြှုတ်ထားခြင်းမရှိပါက compressed air အတွက် အသုံးမပြုသင့်ပေ။
အသုံးပြုသည့် Pipe fitting များသည် သုံးမည့် ပိုက်များ၏ အမျိုးအစားကိုလိုက်၍ ရွေးချယ်ရမည်။ ကြေးပိုက်များ(copper pipe)ကို အသုံးပြုလျှင် ကြေးဂဟေဆော်ခြင်း (brazing) ဖြင့်အဆက်များ(joint) များကို ဆက်နိုင်သည်။



ကြေးဂဟေဆော်ခြင်း (brazing) ပြုလုပ်လျှင် filler metal ၏ melting temperature မှာ 1,000°F မှ 1,600°F အတွင်းဖြစ်ရမည်။ Soldering လုပ်နည်းဖြင့် ဆက်ထားသော Soldered joints များကို အသုံးမပြုသင့်ပါ။

လက်ခံနိုင်သည့် (allowable velocity) ပေါ်တွင်အခြေခံ၍ compressed air ပိုက် အရွယ်အစားကို ရွေးချယ်သင့်သည်။ သို့မှသာ ဖိအားကျဆင်းမှု (pressure drop) နည်းလိမ့်မည်။ အကယ်၍ ပိုက်လိုင်းတစ်လျှောက်တွင် ဖိအားကျဆင်းမှု (pressure drop) ကျဆင်းမှုများပါက compressor မှ ပိုမြင့်သည့် ဖိအား (pressure)ကိုထုတ်ပေးရန်လိုအပ်သည်။ ထို့ကြောင့် compressor ၏ power consumption သည်လည်းပိုများလာလိမ့်မည်။ main header နှင့် compressor ၊ intercooler၊ after cooler ၊ air receiver

စသည်တို့ကို ဆက်ထားသည့်ပိုက်များအတွက် allowable velocity သည် တစ်စက္ကန့်လျှင် ပေ ၂၀ နန်း (20 fps) မကျော်သင့်ပေ။

Network ရှိ branch ပိုက်များ နှင့် section များ ပိတ်ရန် (isolating) အတွက် ရည်ရွယ်၍ အသုံးပြုကြသည်။ လိုအပ်သည့် flow သို့မဟုတ် pressure ရအောင် ထိန်းချုပ်ရန်အတွက် လည်း အသုံးပြုသည်။

ဘောဘား (Ball valves)

ဘောဘား (Ball valves) များကို အသုံးပြုရသည့်အဓိကအကြောင်းမှာ ဘောဘား (Ball valves) များသည် လုံးဝဖွင့်နေသည့်အချိန်(fully open) တွင် ဖိအားကျဆင်းမှု (pressure drop) မှာ မရှိသလောက်နည်းသည်။
အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် ဘောဘား (Ball valves) ၏ throat diameter သည် pipe ၏ bore နှင့် အရွယ်တူသောကြောင့်ဖြစ်သည်။ ဘောဘား (Ball valves) ၏ လက်ကိုင်(handle) နေရာကို ကြည့်ခြင်းဖြင့် ဘားပိတ်ထားသည် သို့မဟုတ် ဖွင့်ထားသည်ကိုသိနိုင်သည်။ သို့သော် ဘောဘား (Ball valves) သည် ဂိတ်ဘား (gate valve) စသည်တို့ထက် ပို၍ဈေးကြီးသည်။

ဂိတ်ဘား (gate valve)

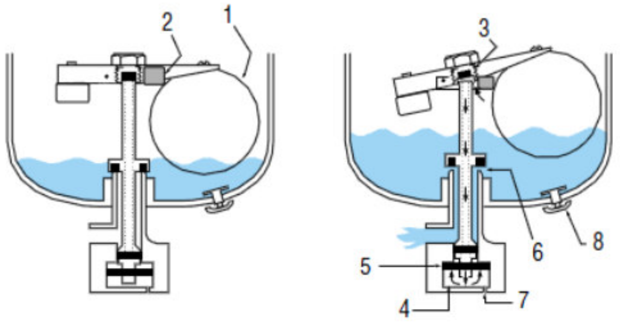
ဂိတ်ဘား (gate valve) များကို ဈေးသက်သာသောကြောင့် အသုံးပြုကြခြင်းဖြစ်သည်။
သို့သော် ဂိတ်ဘား (gate valve) ၏ throat diameter သည် pipe ၏ bore အရွယ်ထက် အနည်းငယ် သေးငယ်သည်။ ထို့ကြောင့် ဂိတ်ဘား (gate valve) ၏ ဖိအားကျဆင်းမှု (pressure drop) အနည်းငယ်များသည်။ ပိတ်ထားသည့်မျက်နှာပြင်သည် အချိန်ကြာမြင့်သည့်အခါ သံချေးတက်ခြင်းကြောင့် လေလုံအောင်ပိတ်ရန်(airtight seal) မဖြစ်နိုင်တော့ပေ။ ဂိတ်ဘား (gate valve) ကို အပြည့်ပိတ်(fully closed)၊ အပြည့်ဖွင့် (fully open) သာမက partially open အနေဖြင့်လည်း အသုံးပြုနိုင်သည်။
diaphragm နှင့် globe valves တို့သည် ဖိအားကျဆင်းမှု (pressure drop) များသောကြောင့် compressed air systems တွင် အသုံးပြုရန် မသင့်လျော်ပေ။

၅.၃ Separators နှင့် Drains

Compressed air မှ ရေများကို ဖယ်ထုပ်ရန်၊ လေနှင့်ရေ ခွဲခြားရန်အတွက် အသုံးပြုသည့်ကိရိယာကို Water separator ဟုခေါ်သည်။ after-coolers ၏ အထွက်တွင် separators, filters, dryers နှင့် receivers စသည်တို့ကို တပ်ဆင်ထားသည်။ စနစ်တကျ ဒီဇိုင်းမလုပ်ထားခြင်းနှင့် သေချာစွာ ထိန်းသိမ်းမောင်းနှင့်ခြင်းမပြုလုပ်လျှင် compressed air များဖြုန်းတီးမှုဖြစ်နိုင်သည်။ Condensate drain လုပ်နည်း ၄ မျိုးရှိသည်။ (တနည်း condensate ရေများကို နည်း ၄ မျိုးဖြင့်ဖယ်ထုတ်ပစ်နိုင်သည်။)

(က) Zero air loss traps with reservoirs:

zero air-loss traps နည်းဖြင့် condensate ရေများကို ဖော်ထုပ်ရာတွင် float သို့ level sensor သည် ball valve ကို မောင်းတံ (linkage) မှ တဆင့် ဖွင့်ပေးခြင်းဖြင့် condensate ရေများကို သိုလှောင်ထားသည့်နေရာ ထွက်သွားစေသည်။ low-level point သို့ရောက်သည့်တိုင့် ဖောက်ချပေးသည်။ efficient အဖြစ်ဆုံးသောနည်းဖြစ်ပြီး ထိန်းသိမ်းရန်လွယ်ကူသည်။ အလုပ်လုပ်ပုံမှန်မမှန်ကို အလွယ်တကူ စမ်းသပ်နိုင်သည်။



- Wastes no air (လေများဆုံးရှုံးခြင်းမဖြစ်ပေါ်နိုင်)
- Considered very reliable (အလွန် စိတ်ချရသည့်နည်းဖြစ်သည်။)
- condensate ရေများကို သိုလှောင်ထားသည့်နေရာ (Reservoir) ကို contaminants များ

စုနေခြင်းမဖြစ်ပေါ်စေရန်အတွက် မကြာခဏဖောက်ထုပ်ပေးရန်လိုအပ်သည်။

zero air-loss traps ဖြင့် drain လုပ်သည့်နည်းများအနည်းငယ်စီကွဲပြားသည်။

(ခ) Electrically operated solenoid valves:

သတ်မှတ်ထားသည့်အချိန်တိုင်းတွင် ဘား(drain valve)ကို solenoid ဖွင့်ပေးသည်။ လိုအပ်သည်အချိန်အတိုင်းအတာရအောင်လည်း ပြောင်းနိုင်သည်။ ဘား(drain valve) သည် condensate ရေ ရှိသည်ဖြစ်စေ၊ မရှိသည်ဖြစ်စေ သို့မဟုတ် နည်းသည်ဖြစ်စေ၊ များသည်ဖြစ်စေ သတ်မှတ်ထားသော အချိန်ရောက်လျှင် ဖွင့်ပေးသည်။ ထိုကြောင့် တန်ဘိုးရှိသော compressed air များဆုံးရှုံးရသည်။ solenoid-operated drain valve ဖြင့် condensate ရေ ဖောက်ထုပ်ခြင်းသည် စွမ်းအင် အလေအလွင့်ဖြစ်စေသည်။

ဖွင့်သည့်အချိန် တိုလျှင် System အတွင်းမှ condensate ရေ များ အကုန် ထွက်သွားလိမ့်မည်မဟုတ်ပေ။ ထိုအခါ System အတွင်းတွင်condensate ရေ တဖြည်းဖြည်းများလာလိမ့်မည်။ အကယ်၍ System အတွင်းတွင်condensate ရေ ရှိမနေပဲ ဖွင့်မိပါက compressed air များဆုံးရှုံးလိမ့်သည်။

(ဂ) Electrically operated solenoid valves.

Solenoid-operated drain valve များတွင် အချိန်ကို သတ်မှတ်ပေးသည့် timing device ပါဝင်သည်။ ကြိုတင် သတ်မှတ်ထားသည့် (preset adjustable intervals) အတိုင်း solenoid valve ဖွင့်ခြင်း ပိတ်ခြင်းကို ပြုလုပ်ပေးသည်။ သို့သော် ပြဿနာငယ် ၂ ခုခန့်ရှိနိုင်သည်။

ဘားဖွင့်ချိန် နည်းပါက condensate များအားလုံးကုန်အောင် ဖော်ထုတ်ပေးနိုင်လိမ့်မည်မဟုတ်ပေ။ ဘားဖွင့်သည့်အခါ၌ condensate များအနည်းငယ်မျှသာ ရှိနိုင်သည်။ condensate ရေ များမရှိဘဲ ဘားဖွင့်မိသောကြောင့် compressed air ဆုံးရှုံးမှုများဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။

Level-operated valve နှင့် electrically operated solenoid valves များတပ်ဆင်ပါက contaminant ဖြစ်မှုလျော့နည်းစေရန် strainer လည်းတပ်ဆင်ရန်လိုအပ်သည်။ဘားဖွင့်ချိန် ၌ inlet port နှင့် discharge port တို့ကိုပိတ်ဆို့တားဆီးရန်အတွက်ဖြစ်သည်။ Motorized ball valve များကို လည်း programmable timer ဖြင့်တွဲ၍ အသုံးပြုနိုင်သည်။ reliable ဖြစ်သည့် device ဖြစ်သော်လည်း Compressed air ဆုံးရှုံးမှုများသည်။

(ဃ) Float operated mechanical drains:သို့ Level-operated mechanical traps:

Float-type traps များကို စနစ်တကျလုပ်ကိုင်လျှင် air လုံးဝ သိုမဟုတ် အနည်းငယ်သာ ဆုံးရှုံးသည်။ သို့သော် ဂရုတစိုက်ထိန်းသိမ်းရန်လိုအပ်သည်။ condensate မှ အနယ်များ(sediment)ကြောင့် ပိတ်ဆို့မှုများဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။

Inverted bucket အမျိုးအစား trap များသည် အနည်းငယ်သော ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းမှုသာလိုအပ်သည်။ condensate rate အတွက် လုံလောက်သော ရေအမြင့်(liquid level) မရှိလျှင် compressed air များဆုံရှုံးနိုင်သည်။

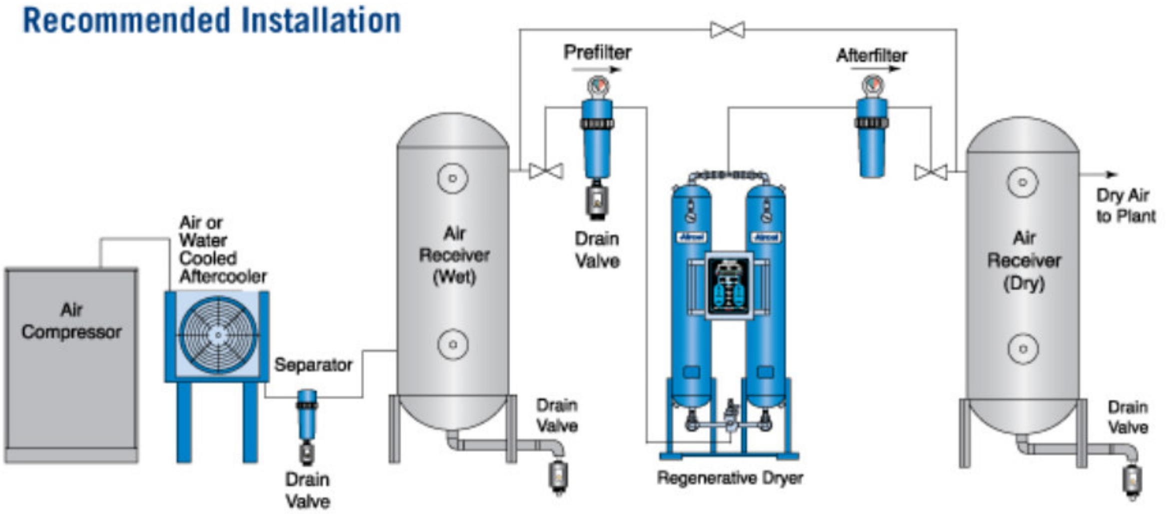
(c) Manual drains:

Condensate ပြဿနာဖြစ်နိုင်သည့်နေရာများတွင် Manual valve များထားရှိပြီး discharge လုပ်ပေးနိုင်သည်။ moisture separators, intercoolers, refrigerateddryers နှင့် filters စသည်တို့တွင် drain လုပ်ရန် ဘား(valves)များထားရှိသည်။ ဘား(valves) သည် အလိုလျှောက် (automatic) အလုပ်လုပ်သောကြောင့် များသောအားဖြင့် ကွဲအက်ကာ compressed air ဆုံးရှုံးမှုများဖြစ်နိုင်သည်။ ဤကဲ့သို့ ပြုလုပ်ခြင်းနည်းကို ရှောင်ကြဉ်သင့်သည်။

၅.၄ Air Dryers

Compressor မှထွက်လာသည့် compressed air ၏ အပူချိန်သည် after-cooler နှင့် moisture separator ကို ဖြတ်ပြီးသည့်အချိန်တွင် ပြင်ပလေ၏ အပူချိန်ထက် မြင့်လျှင်ရှိပြီး ရေခိုးရေငွေ့ များ (moisture) များစွာပါဝင်နေသည်။ လေသည် တဖြည်းဖြည်းအေးလာသည်နှင့်အမျှ ထိုလေမှ သယ်ဆောင်ထားသည့် ရေခိုးရေငွေ့ များ (moisture) သည် အပူချိန်ကျဆင်းမှုကြောင့် ရေ အဖြစ်သို့ပြောင်းသွားသည်။ condensation ဖြစ်သည်ဟုခေါ်သည်။ ထွက်လာသည့်ရေကို condensate ရေဟုခေါ်သည်။ ထိုရေများသည် compressed air lines များတွင်ရှိနေပြီး မလိုလားအပ်သည့် ပိုက်များသံချေးတက်ခြင်း၊ contamination ဖြစ်ခြင်း စသည့် ပြဿနာများကိုဖြစ်ပေါ်စေနိုင်သည်။ ထိုကြောင့် compressed air မှာ သယ်ဆောင်ထားသော ရေခိုးရေငွေ့ များ (moisture)ကိုဖယ်ရှားရန်အတွက် Air dryers များကို အသုံးပြုရခြင်းဖြစ်သည်။

Compressed air dryer အမျိုးအစား မတူညီလျှင် လုပ်ဆောင်မှုများလည်း မတူညီနိုင်သလို degrees of dew point suppression များလည်းတူညီလိမ့်မည်မဟုတ်ပေ။ compressed air မှာ သယ်ဆောင်ထားသော ရေခိုးရေငွေ့ များ (moisture) စတင် ၍ ရေ အဖြစ်သို့ပြောင်းလဲသွားမည့် အပူချိန်ကို dew point ဟုခေါ်သည်။ Air dryers များကို refrigerated dryer ၊ desiccant dryer နှင့် membrane dryer ဟု၍ သုံးမျိုးခွဲခြားနိုင်သည်။



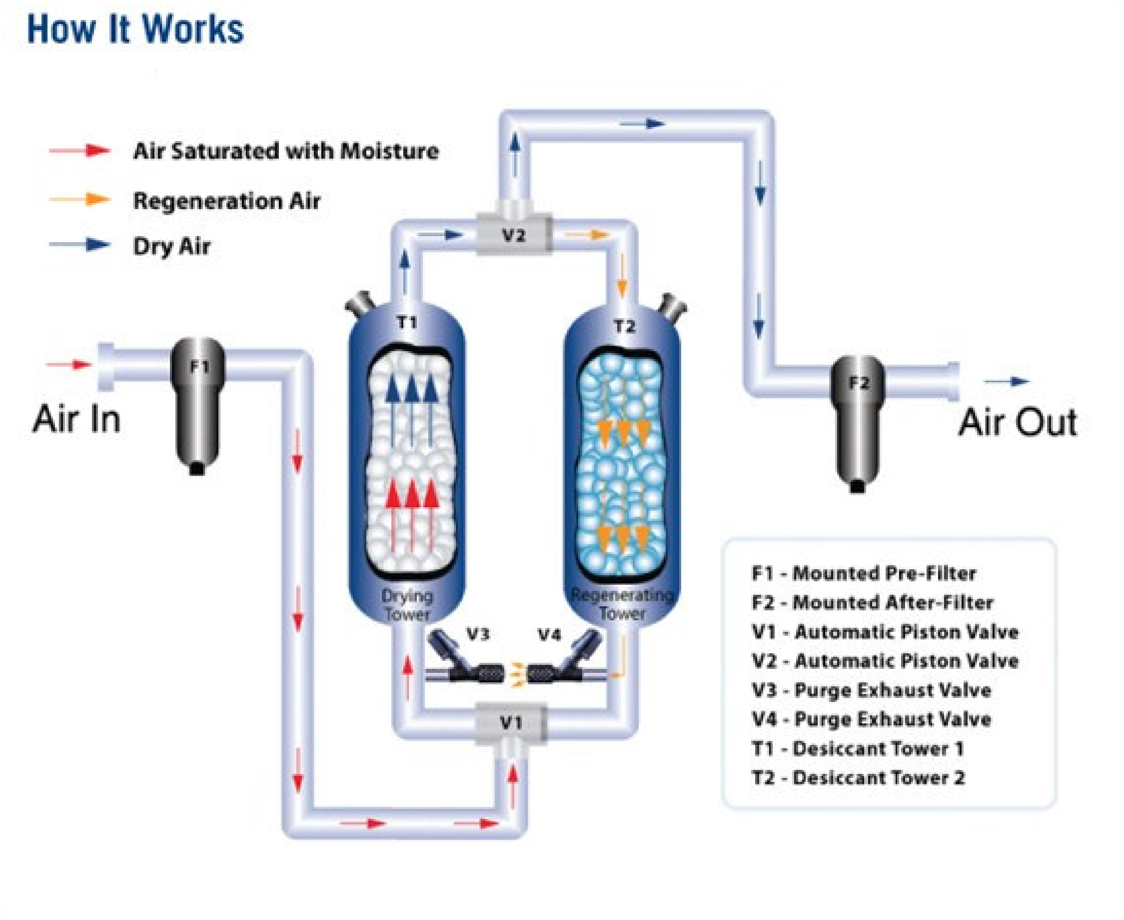
Refrigerated dryers

Refrigerated dryer များသည် လေအေးပေးစက်များကဲ့သို့ အလုပ်လုပ်ကြသည်။ compressed air ကို လေကိုအေးအောင် (dew point ထက်အပူချိန်နိမ့်အောင်) cooling coil သို့ဖြတ်စီးစေသည်။ ထိုအခါလေထဲမှ ရေခိုးရေငွေ့ များ (moisture) စတင် ၍ ရေ အဖြစ်သို့ပြောင်းလဲသွားသည်။

Refrigerated air dryers များ သည် compressed air ကို 33-39°F အထိအေးအောင်လုပ်နိုင်စွမ်းရှိသည်။ သို့သော် 33-39°F ထက်ပိုနိမ့်အောင် ပြုလုပ်လျှင် condensing water သည် dryer ၏ cooling coil ပေါ်တွင် အေးခဲသွားလိမ့်မည်။ refrigeration unit ၏ operating parameter များကို ပြောင်းလဲခြင်းဖြင့် 50°F အထိရအောင်ပြုလုပ်နိုင်သည်။

Desiccant dryers

Desiccant material များသည် လေထဲမှ ရေခိုးရေငွေ့ များကို စုပ်ယူနိုင်စွမ်းရှိသည်။ Compressed Air များကို desiccant material များအပေါ်သို့ဖြတ်သန်းစေလျှင် desiccant material များသည် လေထဲမှ ရေခိုးရေငွေ့ များကို စုပ်ယူဖယ်ရှားဖြစ်လိုက်သည်။



အပူချိန် 33°F ထက်နည်းသည့် pressure dew point ရရန်လိုအပ်ပါက desiccant dryer များကို အသုံးပြုရန်အလွန်သင့်လျော်သည်။ Desiccant dryer များသည် dew point –40°F အထိကျဆင်းစေရန်အတွက် ဒီဇိုင်းပြုလုပ်ထားသည်။ အနိမ့်ဆုံး dew points –150°F အထိကျဆင်းအောင် လုပ်ပေးနိုင်စွမ်းရှိသည်။

Desiccant dryer များသည် desiccant towers ၂ ခု ပါရှိရန်လိုအပ်သည်။ regeneration ပြုလုပ်ရန်လိုအပ်သည်။ desiccant towers တစ်ခုသည် ရေခိုးရေငွေ့ များကို စုပ်ယူနေစဉ် အခြားသော desiccant towers တစ်ခုသည် ရေခိုးရေငွေ့ များကို စွန့်ထုပ်ပစ်နေရန်လိုအပ်သည်။ (regeneration

လုပ်နေသည်။) အသုံးအများဆုံး desiccant materials များမှာ silica gel ၊ molecular sieve of crystalline metal alumiosilicates နှင့် activated alumina တို့ဖြစ်သည်။ activated alumina သည် အလွန် အသုံးအများသည်။

Regeneration လုပ်ရန် နည်း ၂ မျိုးရှိသည်။ အပူဖြင့် Regeneration လုပ်ခြင်းနှင့် အပူမဲ့ Regeneration လုပ်ခြင်း တို့ဖြစ်သည်။

Heatless desiccant dryers

Heatless desiccant dryers များတွင် ပုံစံတူ drying tower ၂ခုပါဝင်သည်။ နှစ်ခုစလုံးတွင် desiccant bed များပါဝင်သည်။ tower တစ်ခုသည် drying ပြုလုပ်နေစဉ် (ရေခိုးရေငွေ့ များကို စုပ်ယူနေစဉ်) အခြား tower တစ်ခုသည် regenerating ပြုလုပ်နေသည်။ regenerating ဆိုသည်မှာ ရေငွေ့ များ ထွက်သွားစေရန် Compressed air ကို အသုံးပြု၍ desiccant bed (ရေငွေ့ များစုပ်ယူထားသည့် သို့ ရေငွေ့ များ ပြည့်ဝနေသည့်) ကို မှုတ်ထုတ်ပစ်ခြင်းဖြစ်သည်။ ထိုမှုတ်ထုတ်ပစ်သည့် လေကို purge air ဟုခေါ်သည်။ compressed airflow ၏ ၁၀% မှ ၁၈% အထိအသုံးပြုသည်။ Compressed Air များ ဆုံးရှုံးခြင်းကြောင့် Compressed Air System တစ်ခုလုံး efficient မဖြစ်နိုင်တော့ပေ။

Heated desiccant dryers

Heat regenerative dryers သည် ပြင်ပမှ အပူ (လျှပ်စစ်စွမ်းအင်မှဖြစ်စေ၊ ရေငွေ့ မှဖြစ်စေ)ကို အသုံးပြုသည်။ ရေငွေ့ များကို မှုတ်ထုတ်ပစ်ရန်အတွက် Compressed Air လေများကို ကိုအသုံးပြုသည်။ ထိုသို့ပြုလုပ်ခြင်းကို regeneration လုပ်သည်ဟုခေါ်သည်။ purge air ပမာဏလျော့နည်းစေသည့် အတွက် heat regenerative dryer များ၏ ကုန်ကျစရိတ်သက်သာသည်။

အလွန်မြင့်သည့် အပူချိန် (High regenerative temperatures) ကြောင့် equipment နှင့် desiccant များပျက်စီးစေနိုင်သည်။

Membrane Dryers

Membrane Dryer များသည် semi-permeable membrane ကို အသုံးပြု၍ လေ compressed air တွင် ပါလာသော ရေခိုးရေငွေ့ များ (moisture) ကို သီးသန့်ဖြစ်အောင်ဖယ်ထုတ်ပေးသည်။ Membrane Dryer များတွင် လှုပ်ရှာနေသော အစိတ်အပိုင်းများ (moving parts) မပါဝင်ပေ။

Membrane Dryer များသည် nameplate rating မှ ၂၀ရာခိုင်နှုန်းကို sweep the membrane.

This sweep air များသည် air system မှဆုံးရှုံးသွားသည့်လေများဖြစ်သည်။ Membrane Dryer များတွင် ဝင်လာသည့်လေ၏ နှုန်းနှင့် အပူချိန်ကိုလိုက်၍ dew point သည် ပြောင်းလဲနေသည်။

Membrane-type dryers

Membrane-type dryer များ သည် 40°F အထိရောက်အောင်ပြုလုပ်ပေးနိုင်သည်။ အလွန်နိမ့်သည့် –40°F dew point အထိရောက်အောင်ပြုလုပ်လိုပါက လေများကို purge လုပ်ပစ်ရန်လိုအပ်သောကြောင့် Compressed Air ဆုံးရှုံးမှုများဖြစ်ပေါ်လာနိုင်သည်။

Membrane dryer ၏ အားသာချက်များမှာ

(က) တပ်ဆင်ရန်ကုန်ကျစရိတ်နည်းခြင်း (Low installation cost)

(ခ) အသုံးပြုရန်ကုန်ကျစရိတ်နည်းခြင်း (Low operating cost)

(ဂ) ပြင်ပ(outdoor) တွင် တပ်ဆင် အသုံးပြုနိုင်သည်။

(ဃ) ဘေးအန္တရာယ် ရှိသည့်နေရာ(hazardous atmospheres) များတွင်လည်းတပ်ဆင်နိုင်သည်။

(င) လှုပ်ရှားနေသော အစိတ်အပိုင်းများ မပါဝင်ပါ (No moving parts) တို့ဖြစ်သည်။

Membrane dryer ၏ အားနည်းချက်များမှာ

(က) Capacity အနည်းငယ်သာရရှိနိုင်သည့် system (low-capacity system) ဖြစ်သည်။

(ခ) High purge air loss (15 to 20 percent) to achieve required pressure dew points
(ဂ) Membrane may be fouled by oil or other contaminants and a coalescing filter is recommended before the dryer. The total power requirement, including pressure drop and compressor operating cost is approximately 3 to 4 kW/100 cfm.

Dryer ရွေးချယ်ခြင်း

Pressure dew point နှင့် ကုန်ကျစရိတ် (operation cost) အပေါ်တွင် အခြေခံ၍ compressed air dryer ကိုရွေးချယ်ကြသည်။ 35°F ထက်နိမ့်သည့် pressure dew point လိုအပ်ပါက refrigerant-type dryer ကို အသုံးပြုရန်မဖြစ်နိုင်ပေ။ dryer များ ၏ rating သည် saturated air at inlet အပေါ်တွင် အခြေခံသည်။ တပ်ဆင်အသုံးပြုသည့်နေရာ (geographical location) နှင့်မသက်ဆိုင်ပေ။
relative humidity နည်းလေလေ dryer ၏ load နည်းလေလေဖြစ်သည်။ သို့သော် pressure dew point မပြောင်းလဲပေ။

Compressed air dryer ၏ ဖိအားကျဆင်းမှု (pressure drop) သည် 3 မှ 5 psi အတွင်းဖြစ်သည်။ အမှန်တကယ်လိုအပ်မှသာ pressure dew point အထိရောက်အောင် compressed air dryer ကိုအသုံးပြုသင့်သည်။ မလိုအပ်ပဲအသုံးပြုပါက စွမ်းအင်နှင့် ငွေ ဖြုန်းတီးခြင်းသာဖြစ်သည်။

၆. Compressor Controls

Compressor များ၏ controls သည် system performance နှင့် energy efficiency တို့နှင့်သက်ဆိုင်သောကြောင့် အလွန်အရေးကြီးသည်။

သက်ဆိုင်သည့်ဝေါဟာရများ (Key Terms)
Full Load: ဆိုသည်မှာ air demand နှင့် Compressor ၏ total available capacity တို့တူညီသည့်အခါ တွင်ရှိသည့် Load ကို ဆိုလိုသည်။ compressorအားလုံးလိုလိုသည် Full Load ဖြစ်မောင်းနေသည့် အခိုက်တွင် efficient အဖြစ်ဆုံးဖြစ်သည်။

Part Load: ဆိုသည်မှာ air demand သည် Compressor ၏ total available capacity ထက်နည်းသည့် အခါ တွင်ရှိသည့် Load ကို ဆိုလိုသည်။ compressorအားလုံးလိုလိုသည် part load ဖြင့်မောင်းသည့် အခါတွင် efficient သိပ်မဖြစ်ပေ။ Compressors အားလုံးသည် part load ဖြင့်မောင်းသည့်အခါ တွင် efficiency ကျဆင်းသွားကြသည်တော့မဟုတ်ပေ။ သုံးထားသည့် control system အပေါ်တွင်မူတည်သည်။

Control strategy ၏ အဓိကရည်ရွယ်ချက်မှာ အသုံးမပြုသည့် (သို့ မလိုအပ်သည့်) compressor များကို ချက်ချင်း ပိတ်ပြစ်ရန် နှင့် compressor စမောင်းရန်လိုအပ်သည့် အခါတွင် တတ်နိုင်သလောက် နောက်ကျခံ၍မောင်းရန် ဖြစ်သည်။

Control system ကောင်းမွန်စွာအလုပ်လုပ်လျှင် average pressure ကိုတတ်နိုင်သလောက် နိမ့်အောင် ထိန်းထားရန် (လက်ခံနိုင်သည့် အနိမ့်ဆုံး system pressure ထက်အောက်မကျစေပဲ) ဖြစ်သည်။ compressor output နှင့် system demand တို့ ကိုက်ညီစေရန်ဖြစ်သည်။
Compressor control mode များကို အောက်ပါအတိုင်း ၇ မျိုး ခွဲခြားနိုင်သည်။

(၁) Start/stop (စမောင်းခြင်း။ ရပ်နားခြင်း)
(၂) Load/unload (Load တင်ခြင်း။)
(၃) Inlet modulation
(၄) Auto-dual

(၅) Variable displacement

(၆) Variable speed နှင့်

(၇) System controls တို့ဖြစ်သည်။

၆.၁ Start / Stop Control

Start/stop control ကို small reciprocating compressors များတွင် အများဆုံး အသုံးပြုလေ့ရှိသည်။ Discharge pressure သည် သတ်မှတ်ထားသည့် pressure level ထက် များနေလျှင် compressor ကိုပိတ်ဖြစ်ခြင်း ဖြစ်သည်။

Start / Stop Control နည်းသည် energy efficient mode ဖြစ်သည်။ အဘယ်ကြောင့် ဆိုသော် compressor သည် မောင်းသည့်အခိုက်တွင် 100% capacity ဖြင့်မောင်းပြီး ရပ်နေသည့် အခိုက်တွင် လုံးဝ ရပ်နားကာ (စွမ်းအင်သုံးစွဲခြင်းမပြုပေ)။ ထို့ကြောင့် energy efficient ဖြစ်သည်။ သို့သော် rotary compressor များသည် start/stop mode ဖြင့်မောင်းရန် မဖြစ်နိုင်။

အားသာချက်

Air compressor သည်မောင်းသည့်အခါတိုင်းတွင် fully load ဖြင့်မောင်းသောကြောင့် energy efficient ဖြစ်သည်။

အားနည်းချက်

အချိန်တိုအတွင်း၌ air compressor ၏ မော်တာ သည် အကြိမ်များစွာ စမောင်းခြင်း နှင့် ရပ်နားခြင်းပြုလုပ်ရန်မဖြစ်နိုင်ပေ။ ခဏခဏတွင်းရပ်လိုက်၊ပြန်မောင်းလိုက်လုပ်ခြင်းကြောင့် မော်တာ၏ အပူချိန်သည် တဖြည်းဖြည်းမြင့်တက်လာလိမ့်မည်။တစ်နာရီအတွင်းတွင် အများဆုံး လေးကြိမ် မှ ခြောက်ကြိမ်အတွင်းတွင်သာ မောင်းခြင်း၊ ရပ်ခြင်း၊ ပြုလုပ်နိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် အထူးသဖြင့် 10 hp မှ 25 hp ကဲ့သို့အရွယ်အစားရှိသော မော်တာများအတွက် automatic start-stop controls များတွင် မကြာခဏ ရပ်ခြင်း၊မောင်းခြင်း မလုပ်ရန် ကန့်သတ်ထားမြစ်ထားသည်။

Compressor သည် minimum system pressure သို့မရောက်ခင် အချိန်တွင် ပြန်၍စတင်မောင်းသင့်သည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် system pressure သည် minimum system pressure ထက်ပိုနည်းပါက မလိုလားအပ်သည့်ဆုံးရှုံးမှုများဖြစ်နိုင်သည်။ storage receiver ၏ အရွယ်အစား နှင့် working pressure bands တို့ကို တွက်ချက်၍ Compressor မော်တာ ပြန်မောင်းရမည့် အချိန်ကို ရနိုင်သည်။ လုံလောက်အောင်ကြီးမားသည့် receiver အရွယ်အစားပြုလုပ်ထားခြင်းကြောင့် efficient operation ကို ရရှိနိုင်သည်။ system တစ်ခုလုံးသည် ကောင်းစွာ လုပ်ဆောင်နေလိမ့်မည်။

၆.၂ Load/unload Control

Load/unload control ဆိုသည်မှာ discharge pressure သည် pressure setting သို့မရောက်ခင်အချိန်၌ compressor သည် ၁၀၀% load ဖြင့် အကောင်းဆုံး efficiency ဖြင့်မောင်းနေလိမ့်မည်။ သို့သော် discharge pressure သည် pressure setting သို့ရောက်သွားချိန်တွင် compressor သည် စတင် unload လုပ်လိမ့်မည်။ Unload လုပ်သည့်အခါတွင် compressor သည် compressed air များကို ဆက်ထုတ်ပေးလိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။ သို့သော် မော်တာသည် ရပ်သွားလိမ့်မည်မဟုတ်ပေ။

Outlet blows down လုပ်သည့် အခိုက်တွင် အနည်းငယ်မျှသော စွမ်းအင်ဆုံးရှုံးမှုဖြစ်ပေါ်လိမ့်မည်။ check valve သို့ရောက်သွားသည့် compressed air များကို ဖိအားကျဆင်းသွားစေရန် vent ဖြစ်သောကြောင့်ဖြစ်သည်။ Reciprocating compressor များတွင် cylinder များ ကို unload လုပ်ခြင်းဖြင့် air output ကို လိုသလို ထိန်းချုပ်ခြင်းဖြစ်သည်။ control လုပ်ခြင်းဖြစ်သည်။

အသုံးများသည့်နည်းမှာ two-step control ဖြစ်ပြီး လေဝင်ပေါက် (inlet) ကို လုံးဝပွင့်နေအောင်ဖွင့်ခြင်း (fully open)နှင့် လုံးဝပိတ်ထားခြင်း (fully shut) ဖြစ်သည်။ ကြိုတင်သတ်မှတ်ထားသည့် အနိမ့်ဆုံးဖိအား (preset minimum pressure) (or *load* point) မှ ကြိုတင်သတ်မှတ်ထားသည့် အမြင့်ဆုံးဖိအား (preset maximum pressure) (or *no-load* point) အတွင်းတွင် Compressor သည် fully loaded (or at full flow) ဖြင့်မောင်းနေလိမ့်မည်။

Discharge Pressure သည် preset maximum pressure (or *no-load* point) ထက်ပိုများလာလျှင် လေဝင်ပေါက် (inlet) ကို လုံးဝပိတ်ထားခြင်း (fully shut) ဖြင့် idle ဖြစ်နေသည်။ Discharge Pressure သည် load point သို့မရောက်မချင်း idle ဖြစ်နေလိမ့်မည်။

Discharge Pressure သည် load point သို့ရောက်သည်နှင့်တစ်ပြိုက်နက်ချက်ချင်း လေဝင်ပေါက် (inlet) ကို လုံးဝပွင့်နေအောင်ဖွင့်လိုက်ခြင်း (fully open)ဖြင့် full-flow capacity သို့ရောက်နိုင်သည်။

Pressure switch သည် two-step control ကိုတွင် အဓိက လုပ်ဆောင်ပေးနေသော ကိရိယာတစ်ခုဖြစ်သည်။ pressure switch သည် primary control သို့မဟုတ် dual-control system ၏ အစိတ်အပိုင်းဖြစ်သည်။

အချို့သော reciprocating compressors များတွင် 3- step သို့မဟုတ် 5-step controls နည်းကို အသုံးပြုကြသည်။

အားသာချက်

များသောအားဖြင့် Reciprocating compressor များသည် part-load operation တွင် ပို၍ efficient ဖြစ်ကြသည်။ pistons သည် အနည်းငယ်မျှသော လေ၏ခုခံအားကိုသာ တွန်းရသောကြောင့် အနည်းငယ်မျှသော စွမ်းအင်ကိုသာဖြုန်းတီးရာရောက်သည်။

လုံးဝ unload လုပ်ထားသည့် reciprocating air compressor သည် full load မောင်းသည့်အချိန်တွင်သုံးသည့် စွမ်းအင်ပမာဏ၏ ၁၀%ကို သာ အသုံးပြုသည်။

အားနည်းချက်

Load/unload control နည်းကို screw compressor များတွင် အသုံးပြုလျှင် ကောင်းစွာ efficient မဖြစ်နိုင်ပေ။ လုံးဝအကုန် unload လုပ်ထားသည့် screw compressor သည် full load မောင်းသည့်အချိန်တွင်သုံးသည့် စွမ်းအင်ပမာဏ၏ ၂၀% မှ ၂၅% ကိုအသုံးပြုသည်။

Screw compressor တွင် discharge pressure သည် 30 – 40 psig ထက်နည်းလျှင် စွမ်းအင်ချွေတာမှုမှာ ပို၍ပင်မဖြစ်နိုင်တော့ပေ။

Energy saving ဖြစ်ရန် အတွက် ပိုကြာသော idle ဖြစ်နေမည့် အချိန်ကို ရရန် လိုအပ်သည်။ ထို့အတွက် ကြီးမားသော air storage လုံလောက်အောင်ကြီးမားသော air storage ရှိထားရန်လိုအပ်သည်။

၆.၃ Throttling or Modulation Control

လေဝင်ပေါက်(inlet opening)၏အဝကို Throttling လုပ်၍ ကျဉ်းအောင် ကျယ်အောင်ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် လိုအပ်သော air demand ပမာဏကို ရရှိအောင် compressor ၏ capacity ကို ထိန်းချုပ်ခြင်းဖြစ်သည်။ လေဝင်ပေါက်အဝ(inlet opening) တွင်တပ်ဆင်ထားသော valve သည် System pressure အနည်းအများကို လိုက်၍ လိုအပ်သည့် discharge pressure ဖြစ်အောင် ချက်ချင်းထိန်းပေးနိုင်စွမ်းရှိသည်။ တနည်း flow capacity ကို air intake ဧရိယာ ကျဉ်းအောင်ကျယ်အောင်ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် compressor ၏ capacity ကို ထိန်းချုပ်ခြင်း ဖြစ်သည်။

System demand အပြောင်းအလဲမရှိချိန် (Steady State) တွင် constant system pressure ဖြစ်အောင် ဘားရွှေ့လျားမှု အနည်းဆုံးဖြင့် (minimal valve movement) ထိန်းထားနိုင်ရန်လိုအပ်သည်။ Low load အခြေအနေများအတွက် အချိန်ကြာမြင့်စွာ Throttling mode ကို သုံးရန် မသင့်လျော်ပေ။

အားသာချက်

မောင်းခြင်း၊ ရပ်နားခြင်း စသည့် နည်းဖြင့်ထိန်းချုပ်ခြင်းမလုပ်သောကြောင့် (non-cycling control) operation မှာ ချောမွေ့သည်။

၆၀% မှာ ၁၀၀% load ဖြင့် မောင်းနေချိန်၌ ကောင်းစွာ efficient ဖြစ်သည်။ storage capacity နည်းသည်ဖြစ်စေ များသည်ဖြစ်စေ၊ ပိုက်ရှည်သည်ဖြစ်စေ တိုသည်ဖြစ်စေ မည်သည့်အခါမျှ မကြာခဏ ပိတ်ခြင်းမောင်းခြင်း (short cycle) ဖြစ်လိမ့်မည်မဟုတ်ပေ။ လွယ်ကူရှင်းလင်း သည့်နည်းဖြစ်သောကြောင့် လွယ်ကူစွာ မောင်းခြင်း၊ ထိန်သိမ်းခြင်း နှင့်ပြုပြင်ခြင်းတို့ ပြုလုပ်နိုင်သည်။

အားနည်းချက်

loads သည် ၆၀%ထက်နည်းပါက Throttling efficient မဖြစ်တော့ပေ။ full capacity ရရန်အတွက် လုံလောက် သည့်Backpressure ရှိရန်သည်။ base load အတွက်မောင်းရန်လိုအပ်နေချိန်တွင် pressure အနည်းအများကို ချက်ချင်း တုန့်ပြန်မှုကြောင့် (Instant response) compressor သည် unload လုပ်ခြင်းဖြစ်နိုင်သည်။ အနည်းငယ်မျှသော ဖိအားပြောင်းလဲမှုကို သိနိုင်ခြင်း နှင့် တုန့်ပြန်မှု မြန်သောကြောင့် (Sensitivity and rapid reaction) အကောင်းဆုံးသော အခြေအနေ (optimum operation) ကို ဖြစ်ပေါ်စေနိုင်သည်။

၆.၄ Auto – Dual Control

၆.၅ Variable Displacement Control

Variable displacement control နည်းသည် compressed air ထုထည် ၏ အရှည် (effective length of rotor compression volume)ကို တိုအောင် သို့မဟုတ် ရှည်အောင်လုပ်ပေးပြီး rotary screw compressor ၏ output ကို လိုအပ်သော air demand နှင့် ကိုက်ညီစေသည်။ အဝင်လေ၏ဖိအား(inlet pressure) တည်ငြိမ်နေသမျှကာလပတ်လုံး compression ratio သည် လည်း တည်ငြိမ်နေလိမ့်မည်။

ဤကဲ့သို့ compression ratio ကို မများစေပဲ flow ကို လျော့နည်းအောင် ပြုလုပ်နိုင်ခြင်း ကြောင့် power သုံးစွဲမှုကိုနည်းစေ သည်။ ထို့ကြောင့် modulating control လုပ်နည်းထက်လည်း ပိုကောင်းသည်။ 2-step control မှာကဲ့သို့ full load မှ 50% load အထိ ကျဆင်း သွားခြင်း လည်း မဖြစ်နိုင်ပေ။

Spiral-cut high lead valve နှင့် poppet valve တို့မှာ အသုံးများသော unloading controls နည်းများ တွင် တပ်ဆင်ထားသည့် valve များ ဖြစ်ကြသည်။
ထိုနှစ်နည်းလုံးတွင် compressor cylinder ၏ port များကို ပိတ်ခြင်း (open) နှင့် ဖွင့်ခြင်း(close) တို့ကိုပြုလုပ်ပေးရသည်။ ဆလင်ဒါအတွင်းရှိလေ၏ ထုထည် ကို လျော့ချပေးနိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် copress လုပ်ရန်အတွက်လိုအပ်သော horsepower လည်းလျော့နည်းသွားလိမ့်မည်။

အားသာချက်

50% မှ 100% part-load performance အတွင်း၌ အလွန် efficient ဖြစ်သည်။
သတ်မှတ်ထားသည့် (Set ထားသည့်) minimum system pressure အတိုင်းထိန်းထားနိုင်သည်။
တုန့်ပြန်မှု အလွန်မြန်သည်။ Very responsive ဖြစ်သည်။

အားနည်းချက်

Load များသည့်အခါ အချို့သော ယူနစ်များသည် လေယိုစိမ့်ခြင်း(leakage) ကြောင့် efficiency ကျဆင်းသွားသည်။
စက်ပစ္စည်းအစိတ်အပိုင်းများသည် ရှုပ်ထွေးခက်ခဲသည်။
Lower operating range များ၌ 2-step သို့မဟုတ် modulation ဖြင့်မောင်းရသည်။

၆.၆ Variable Speed Drive Control

Air Compressor များ ၏ Unloading လုပ်နိုင်စွမ်းရှိမရှိ
အောက်ပါဇယား သည် Air Compressor များ ၏ Unloading လုပ်နိုင်စွမ်းရှိမရှိ ဖော်ပြထားသည်။

Type of control	Reciprocating (single-acting)	Reciprocating (double-acting)	Lubricant-cooled rotary screw	Oil-free rotary screw	Centrifugal
Automatic start-stop	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Two step	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes (dual)
Three and five step	No	Yes	No	No	No
Throttled inlet	No	No	Yes	No	Yes
Variable displacement	No	No	Yes	No	N/A
Variable speed	No	No	Yes	No	No

၆.၇ Multiple Compressor System Controls

၇. Compressed Air System Leak

Industrial compressed air system များတွင် လေယိုစိမ့်ခြင်း (Leakage) ကြောင့် စွမ်းအင်ဖြုန်းတီးမှုကို ဖြစ်စေသည်။ အချို့သော System များတွင် Compressor Output ၏ ၂၀% မှ ၃၀% အထိ လေယိုစိမ့်မှုဖြစ်နိုင်သည်။ ကောင်းစွာပြုပြင်ထိန်းသိမ်းထားခြင်း မရှိသော Compressed air system တွင် ထုတ်လုပ်သည့် compressed air capacity ၏ ၂၀% ထက်ပိုများသည့် ယိုစိမ့်မှုဖြစ်နိုင်သည်။

လိုအပ်သော ပြုပြင်မှုများပြုလုပ်ခြင်းနှင့် လေမယိုစိမ့်အောင် ကာကွယ်မှုများ ပြုလုပ်ခြင်းကြောင့် ယိုစိမ့်မှုကို ၁၀%ထက်နည်းအောင် လျှော့ချနိုင်သည်။ Leak ဖြစ်ခြင်းကြောင့် စွမ်းအင် ဖြုန်းတီးမှုကို ဖြစ်စေနိုင်သည့်အပြင် တခြားသော operation losses များကိုလည်း ဖြစ်စေ နိုင်သည်။

Leak ဖြစ်ခြင်းကြောင့် system pressure ကျဆင်းလာပြီး အသုံးပြုနေသည့် tools နှင့် equipment များ၏ စွမ်းဆောင်ရည်လည်း ကျဆင်းလာရသည်။ Leak ကြောင့် equipment မနိုင်ဝန်ထမ်းရသကဲ့သို့ဖြစ်ကာ အချိန်မတိုင်မီ ပျက်စီးမှုများ ကြုံတွေ့နိုင်သည်။ Leak ဖြစ်ခြင်းကြောင့် Compressor များ လိုအပ်သည်ထက်ပို၍ အချိန်ကြာမြင့်စွာ မောင်းနှင်ကြရသည်။ ထို့ကြောင့် ပြုပြင် ထိန်းသိမ်းမှုများ မကြာခဏ ပြုလုပ်ကြရသည့်အပြင် ပြုပြင်ရန်အတွက် ရပ်ထားရသည့် အချိန် (Downtime) လည်း ပိုမိုများပြားလာသည်။ Leak ကြောင့် လိုအပ်သည်ထက် ပို၍Capacity မြင့်သည့် compressor များတပ်ဆင်ထားရသည်။

ယိုစိမ့်မှုများသည် System တစ်ခုအတွင်း တွင် မည်သည့်နေရာတွင် မဆို ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။

အများဆုံး Leak ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည့် နေရာများမှာ

က) Couplings ၊ hoses ၊ tubes နှင့် fittings

ခ) Pressure regulators

ဂ) Open condensate traps and shut-off valves နှင့်

ဃ) Pipe joints, disconnects, and thread sealants တို့ဖြစ်သည်။

၇.၁ Leakage ဖြစ်သည့် ပမာဏကို ခန့်မှန်းတွက်ချက်ခြင်း

Start / stop control လုပ်နည်း (သို့) Load / Unload control လုပ်နည်းဖြင့် မောင်းသည့် Compressor များရှိသည့် System များ၏ Leakage Amount ကို အလွယ်တကူ သိနိုင်သည်။

၁) အသုံးပြုနေသည့် equipment များ၊ tools များ အားလုံးကို ပိတ်ထားပါ။ (သို့) ခဏမျှ အသုံးမပြုဘဲ ရပ်ထားပါ။ ထိုအခါမျိုးကို No demand on the system ဟုပြောလေ့ ရှိသည်။

၂) Compressor ကို စတင်မောင်းပါ။ (သို့) Compressor စမောင်းသည့် အချိန်ကို မှတ်ထားပါ။

၃) Compressor ရပ်သည့်အချိန် (သို့) unload လုပ်သည့်အချိန်ကို မှတ်ပါ။

Compressor သည် မောင်းလိုက်၊ ရပ်လိုက် (သို့) unload ဖြစ်လိုက်၊ load ဖြစ်လိုက် ဖြစ်နေလိမ့်မည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် Leak ကြောင့် system pressure သည် ကျဆင်းသွားသည်။ သတ်မှတ်ထားသည့် pressure အထိ ကျဆင်းသွားသည့်အခါ Compressor များ မောင်းခြင်း (သို့) load လုပ်ခြင်း ဖြစ်ပေါ်သည်။ မောင်းသောကြောင့် System pressure များမြင့်တက်လာကာ သတ်မှတ်ထားသော pressure သို့ ရောက်သည့် အခါ ရပ်သွားလိမ့်မည်။ ထိုသို့ compressor သည် cycle on (သို့) off ဖြစ်နေခြင်းကြောင့် compressor မောင်းနေသည့်အချိန် (on load time) နှင့် ရပ်နေသည့် အချိန် (off-load time) ကိုတိုင်းယူနိုင်သည်။

Total leakage (percentage) ကို အောက်ပါ ပုံသေနည်းဖြင့်တွက်ယူနိုင်သည်။

$$\boldsymbol{Leakage}\ (\%) = \frac{\boldsymbol{T\ x\ 100}}{\boldsymbol{T + t}}$$

where: T = on-load time (minutes)

t = off-load time (minutes)

Leakage ကို compressor ၏ capacity ဆုံးရှုံးမှု (lost) ဖြင့် ဖော်ပြနိုင်သည်။ ကောင်းစွာ ထိန်းသိမ်းထားသည့် System တစ်ခု၏ Leakage သည် ၁၀% ထက်နည်းသည်။ ထိန်းသိမ်းမှု ညံ့ဖျင်းသည့် system တစ်ခုသည် total capacity ၏ ၂၀% မှ ၃၀ % အထိ လေဆုံးရှုံးမှု ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည်။

Leakage ကို အသုံးပြုသည့်နေရာ (Down steam) တွင်ရှိသည့် pressure gauge မှ တန်ဘိုးဖြင့်လည်း တွက်ယူနိုင်သည်။ သို့သော် total system volume ကို သိရန်လိုသည်။ Down steam ရှိ secondary air receiver များ၊ air main များ၊ နှင့် piping တို့ပါဝင်သည်။

Leakage ကို အောက်ပါ ပုံသေနည်းဖြင့်တွက်ယူနိုင်သည်။

$$\boldsymbol{Leakage}\ (\boldsymbol{cfm\ free\ air}) = \frac{\boldsymbol{V\ x\ (P1 - P2)}}{\boldsymbol{T\ x\ 14.7}}\ \boldsymbol{x\ 1.25}$$

where: V = ထုထည် (volume in cubic feet)

P1 and P2 = pressure in psig

T = Time in minutes

1.25 သည် Normal system pressure ဖြစ်ရန်အတွက် အသုံးပြုထားသော correction multiplier ဖြစ်သည်။ Air leakage ကို ပုံမှန် စစ်ဆေးသင့်သည်။ Leakage test သည် ပမာဏ မည်မျှ ယိုစိမ့်နေသည်ကိုသာ ဖေါ်ပြသည်။ မည်သည့် နေရာတွင်မည်ကဲ့သို့ ယိုစိမ့်နေသည် သိရန် မဖြစ်နိုင်။ ထို့ကြောင့် Leak Detection ပြုလုပ်ရန်လိုအပ်သည်။

၇.၂ Leak Detection

လေယိုစိမ့်ခြင်းသည် မျက်စေ့ဖြင့် မြင်တွေ့နိုင်သည့် အရာ မဟုတ်ပါ။ လေယိုစိမ့်သည့် နေရာကို ရှာဖွေရန်အတွက် ultrasonic acoustic detector သည် အကောင်းဆုံးဖြစ်သည်။ Air leak ကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသော High frequency hissing sound ကို ultrasonic detector ဖြင့်သိရှိနိုင်သည်။ Detector တွင် microphone ၊ amplifier နှင့် audio filter တို့ပါဝင်သည်။ Earphones (သို့) visual indicator မှတဆင့် သိရှိနိုင်သည်။

Ultrasonic detector အသုံးမပြုနိုင်ပါက အရိုးရှင်းဆုံးနည်းဖြစ်သည့် ဆပ်ပြာရည် ကို အသုံးပြု၍ ရှာဖွေနိုင်သည်။ ဆပ်ပြာရည်ဖျော်၍ leak ဖြစ်နိုင်သည့် နေရာများ လိုက်သုတ်ခြင်းဖြင့် သိနိုင်သည်။ စိတ်ချရသည် နည်းတစ်ခုဖြစ်သော်လည်း အလွန် အချိန် ကုန်သောနည်းဖြစ်သည်။

ဥပမာ

ကားထုတ်လုပ်ငန်း (automobile industry) တွင် အသုံးပြုသော 1000 CFM compressor တစ်လုံးအား Free Air Delivery test နှင့် leakage tests ပြုလုပ်ရန် အတွက် အသုံးပြုနေသော equipment အားလုံးကို ပိတ်၍ compressor ကို မောင်းပါသည်။

Free Air Delivery test ၏ စမ်းသပ်ချက်မှ compressor သည် သတ်မှတ်ထားသော Free Air Delivery ၏ ၉၀%ကို ထုတ်ပေးနိုင်စွမ်းရှိသည်။

Leakage test ၏ ရလာဒ်များမှာ အောက်ပါအတိုင်းဖြစ်သည်။

- Compressor သည် 8 minutes ကြာအောင် Load လုပ်သည်။
- Compressor ၏ unloaded လုပ်ချိန်သည် 48 minutes ကြာသည်။
- Compressor သုံးစွဲသည့် စွမ်းအင်မှာ 144 kW ဖြစ်သည်။

အောက်ပါတို့ကိုတွက်ပါ။

၁. Free air delivery or the output of the compressor

၂. Specific power consumption

၃. % leakage in the compressed air system

၄. Quantity of compressed air leakage

၅. Power lost due to leakage

အဖြေ

၁. Free air delivery ကိုတွက်ပါ။ သို့မဟုတ် Compressor ၏ output ကိုတွက်ပါ။

Free air delivery= 90% of rated capacit= 0.90 x 1000 cfm = 900 cfm

၂. Specific power consumption ကိုတွက်ပါ။

$$Specific\ power\ consumption = \frac{\textbf{Actual Compressed Air Output (CFM)}}{\textbf{Actual Power Consumption (kW)}}$$

Specific power consumption= 900 cfm / 144 kW = 6.25 cfm/ kW

၃. Compressed air system ၏ leak ဖြစ်သည့် ရာခိုင်နှုန်းကိုတွက်ပါ။

$$\%\ leakage\ in\ the\ system = \frac{T}{(T+t)}\ x\ 100$$

$$\%\ leakage\ in\ the\ system = \frac{08}{(08+48)}\ x\ 100 = 14.2\%$$

၄. Compressed air leakage ပမာဏကိုတွက်ပါ။

$$Leakage\ Quantity = Percentage\ Leakage\ x\ Acutal\ Output$$
$$Leakage\ Quantity = 0.142\ x\ 900\ CFM = 127.8\ CFM$$

၅. Leak ဖြစ်ခြင်းကြောင့် ဆုံးရှုံးရသည့် စွမ်းအင်ပမာဏ ကိုတွက်ပါ။

$$Power\ lost\ due\ to\ leakage = \frac{Leakage\ quantity}{specific\ energy}$$

$$Power\ lost\ due\ to\ leakage = \frac{127.8\ CFM}{6.25\ kW\ per\ CFM} = 20.45$$

ဥပမာ

Process industry တွင် အသုံးပြုနေသော compressed air system အား leakage test ပြုလုပ်ရာ အောက်ပါ ရလာဒ်များကို ရရှိသည်။

Compressor capacity (m3/minute) = 35

Cut in pressure, kg/cm2(g) = 6.8

Cut out pressure, kg/cm2(g) = 7.5

Load kW drawn = 188 kW (Load လုပ်နေစဉ် Compressor သုံးစွဲသည့် စွမ်းအင်မှာ 188 kW ဖြစ်သည်။)

Unload kW drawn = 54 kW (Load လုပ်နေစဉ် Compressor သုံးစွဲသည့် စွမ်းအင်မှာ 54 kW ဖြစ်သည်။)

Average 'Load' time, T = 1.5 minutes (Compressor သည် 8 minutes ကြာအောင် Load လုပ်သည်။)

Average 'Unload' time, t = 10.5 minutes (Compressor ၏ unloaded လုပ်ချိန်သည် 48 minutes ကြာသည်။)

လေယိုစိမ့်သည့်ပမာဏ (Leakage quantity) နှင့် စွမ်းအင် ဆုံးရှုံးမှု (loss of power due to air leakages)တို့ကိုတွက်ပါ။

အဖြေ

(က) Leakage quantity (m^3/min) $\boldsymbol{q} = \frac{\mathbf{(1.5)}}{\mathbf{(1.5)+(10.5)}}\boldsymbol{x\ 35}$

=4.375 m3/min

(ခ) Leakage quantity per year (m^3/day)= 4.375 x 24 x 60 = 6300 m3/day

(ဂ) Specific power for compressed air generation $= \frac{188\ \mathrm{kW}}{(35\ \mathrm{x}\ 60)}$ m3/hr

(ဃ) Energy lost due to leakage / day = 0.0895 x 6300 = 564 kWh

၈. Air Quality

Compressed Air ၏ "Quality" အဓိက အချက် ၃ ချက်ပါဝင်သည်။

(၁) လက်ခံနိုင်သည့် အများဆုံး ရေခိုးရေငွေ့ ပါဝင်မှု နှင့် Dew point (Maximum (acceptable) Moisture Content or Pressure Dew Point)

(၂) လက်ခံနိုင်သည့် အများဆုံးချောဆီပါဝင်မှု (Maximum (acceptable) Oil Content)နှင့်

(၃) လက်ခံနိုင်သည့် အများဆုံးလက်ခံနိုင်သည့် အမှုန်များ ပါဝင်မှု (Maximum (acceptable) Particulate Concentration)

Compressed air ၏ အရည်အသွေးသည် အညံ့ဆုံး plant air မှ အကောင်းဆုံး breathing air အမျိုးမျိုးကွဲပြားနိုင်သည်။ အသုံးပြုပုံကိုမူတည်၍ Compressed air ၏ အရည်အသွေး လည်းလိုက်၍ကွဲပြားသည်။

Air Quality နှင့် အသုံးပြုပုံများ (Applications)

Air Quality	Applications
Breathing Air	Hospital air systems, Refill diving tanks, Respirators for cleaning and/or grit blasting and spray painting
Process Air	Food and pharmaceutical process air, Electronics, Instrument Air Laboratories, Paint spraying, Powder coating, Climate control
Plant Air	Air tools, general plant air

လေခြောက်သွေ့ မှု (Dryness) နှင့် contaminant level တို့သည် quality air ကောင်းမကောင်းကို ဆုံးဖြတ်ရန်အတွက် အဓိကကျသော အချက်နှစ်ချက်ဖြစ်သည်။ Compressed Air ၏ "Quality" ကောင်းလာသည်နှင့်အမျှ ထုတ်လုပ်ရန် ကုန်ကျ စရိတ်လည်းများ လာလိမ့်မည်။

ပိုမိုကောင်းမွန်သည့် အရည်အသွေး ရရှိရန် အတွက် အခြားသော အပို equipment များလိုအပ်သည်။ ထိုကြောင့် အပို equipment များအတွက် အကုန်အကျပိုများသည့် အပြင် ထုတ်လုပ်စရိတ် ၊ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခ နှင့် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု လည်းပိုများသည်။

ထိုကြောင့် မိမိလုပ်ငန်းအတွက် မည့်သည့် အရည်အသွေးရှိသော Air "Quality" လိုအပ်သည်ကို သိရန်လိုသည်။

Air "Quality" နိုင်ငံတကာ အသိအမှတ်ပြု စံချိန်စံညွှန်းများမှ ISO Standard 8573 ကို အောက်ပါ ဇယားတွင်ဖော်ပြထားသည်။

ISO 8573 Air Quality Classifications

Class	Oil Carryover (mg/m3)	Dust Carryover (mg/m3)	Moisture carryover (mg/m3)
1	0.01	0.1	0.003
2	0.1	1	0.12
3	1	5	0.88
4	5	8	6
5	25	10	7.8
6	25	10	7.8
7	-	-	9.4

Compressor တစ်လုံးရွေးချယ်ရာတွင် ထို Compressor က ထုတ်ပေးနိုင်သည့် air quality ၏ အဆင့်အတန်းကို ထည့်စဉ်းစားရန်လိုသည်။

အကယ်၍ ချောဆီ ပါဝင်မှုမရှိသည့်လေ (lubricant-free air) လိုအပ်လျှင် ချောဆီ အသုံးမပြုသည့် (lubricant-free) compressorများကို အသုံးပြုနိုင်သည်။ သို့မဟုတ် ubricant-injected compressor ကို အသုံးပြုပါက ချောဆီ ဖယ်ထုတ်သည့် (separation) ကိရိယာ နှင့် သန့်စင်သည့် ကိရိယာ (filtration equipment) ကို အသုံးပြုရန်လိုသည်။

Lubricant-free compressor သည် ပို၍ဈေးကြီးပြီး ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခ ပိုများသည်။

Lubricant-injected compressor သည် ဈေးသက်သာသော်လည်း တခြားသော အပိုပစ္စည်းများ အတွက် ကုန်ကျစရိတ်များသည်။

အောက်ပါဇယားတွင် compressor နှစ်မျိုးတို့၏ characteristics များကို ဖော်ပြထားသည်။

Characteristics of Lubricated and Non-lubricated Compressors

Non Lubricated Compressor	Lubricated Compressor
May require fewer filters and oil changes	Considerably lower capital costs
Longer operational life	Oil provides a cooling effect
Often preferred when manufacturing sensitive products such as food or pharmaceutical applications	Lower speeds and temperatures
High capital costs. Routine service costs usually high	Filter maintenance and oil changes required quite often
To reach high pressure need multistage compression.	Due to pressure drop air treatment capital and running costs are higher

Instrument air service အတွက် non-lubricated compressor များကို အသုံးပြုရန် အတွက်အလွန်သင့်လျော်သည်။ Instrument Air ၏ Quality Standards ဖြစ်သည့် ANSI/ISA 7.0.01 တွင် အသေးစိတ်ဖော်ပြထားသည်။

"Although not recommended, if lubricated compressors are used, lubricant removal is required to avoid damaging effects on air system components and end-use devices."

Air quality လိုအပ်ချက်များနှင့် compressor အမျိုးအစားများကို နားလည်သဘောပေါက်ရန် လိုအပ်သည့်အပြင် လေထဲတွင် ပါလာသည့် contaminant များကို ကောင်းမွန်သည့် နည်း (efficient method) များဖြင့် ရှာဖွေ အသုံးပြုသင့်သည်။

လေထဲ တွင် ပါလာသည့် ရေခိုးရေငွေ့ (water vapor)၊ အမှုန့်အမှိုက်များ (dirt) နှင့် atmospheric pollution များသည် Compression cycle အတွင်း၌ ထုထည် ကျဆင်းသွားသည့်အခါ contamination level ပိုများလာသည်။ (ပို၍ဆိုးဝါးလာသည်။) Air quality ပိုကောင်းစေရန်အတွက် အမျိုးမျိုးသော filtration equipment နှင့် drying equipment များဈေးကွက်တွင် ရရှိနိုင်သည်။ စနစ်တကျသေချာစွာရွေးချယ်ခြင်းဖြင့် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုနှင့် ကုန်ကျစရိတ်တို့ကို သက်သာစေနိုင်သည်။

၉. Code Reference Code Title

ANSI/ISA S7.0.01 Quality Standards for Instrument Air

API 617 Centrifugal Compressors for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services

API 618 Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services

API 619 Rotary-Type Positive Displacement

Compressors for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services
API 672 Packaged, Integrally Geared Compressors
for Petroleum, Chemical and Gas Industry Services
ASME ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Div.1
ASME/ANSI B16.5 Steel Pipe Flanges and Flanged Fittings
ASME/ANSI B31.1 Power Piping
ASME/ANSI B31.3 Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping

၁၀. မေးခွန်း နှင့် အဖြေများ

1. Which of the following type does Screw compressor belongs to?
a) Positive displacement compressor b) Dynamic compressors
c) Both a & b d) None of the above

2. The compressor capacity of a reciprocating compressor is directly proportional to __ .
a) Speed b) Pressure c) Volume d) All

3. Vertical type reciprocating compressors are used in the capacity range of _____
a) 50 – 150 cfm b) 200 – 500 cfm c) Above 10ooo cfm d) 10 – 50 cfm

4. The specific power consumption of non lubricated compressor compared to lubricated type is ____
a) Lesser b) Same c) Higher d) None

5. The discharge temperature of two stage compressor compared to single stage one is ____
a) Lesser b) Same c) Higher d) None

6. The compression ratios for axial flow compressors are ____.
a) Lesser b) Higher c) moderate d) None

7. The volumetric efficiency of the compressor with the increase in altitude of place
a) increases b) decreases c) does not change d) None

8. The ratio of isothermal power to actual measured input power of a compressor is known as:
a) Isothermal efficiency b) Volumetric Efficiency
c) Barometric efficiency d) None

9. The basic function of air dryer in a compressor is:
a. prevent dust from entering compressor
b. storage and smoothening pulsating air output

c. reduce the temperature of the air before it enters the next state to increase efficiency

d. to remove remaining traces of moisture after after-cooler

10. For every 4°C raise in air inlet temperature of an air compressor, the power consumption will increases by_____

a) 2% b) 1% c) 3% d) 4%

11. The percentage increase in power consumption of a compressor with suction side air filter and with the pressure drop across the filter of 200 mmWc is ____

a) 1.0% b) 3% c) 2.4% d) 1.6%

12. Which of the statement is "True" for centrifugal compressors?

a) The compressor should not be operated at full load

b) The compressor should be operated at shut off pressure

c) The compressor should not be operated with inlet-guide vane control

d) The compressor should not be operated close to the surge point

13. Identify the correct statement for air compressors.

a. For every 5.5oC drop in the inlet air temperature, the increase in energy consumption is by 2%.

b. For every 4 oC rise in the inlet air temperature, the decrease in energy consumption is by 1%

c. For every 4 oC rise in the inter air temperature, the increase in energy consumption is by 1%

d. The energy consumption remains same irrespective of inlet air temperature

14. Reduction in the delivery pressure of a Compressor working at 7 bar, by 1 bar would reduce the power consumption by

a) 6 to 10 % b) 2 to 3 % c) 12 to 14 % d) None of the above

15. The acceptable pressure drop at the farthest point in mains header of an industrial compressed air network is:

a)0.3 bar b) 0.5 bar c) 1.0 bar d) 2 bar

16. The likely estimate on equivalent power wastage for a leakage from 7 bar compressed air system through 1.6 mm orifice size is ____

a) 0.2 kW b) 3.0 kW c) 0.8 kW d) 12 kW

17. From the point of lower specific energy consumption, which of the following compressors are suitable for part load operation?
a) Two stage reciprocating compressors b) Centrifugal compressors
c) Two stage screw compressor d) Single stage screw compressor

18. From base load operation and from achieving best specific energy consumption point of view, which of the following compressors are suitable?
a) Single stage reciprocating compressors b) Centrifugal compressors
c) Two stage reciprocating compressor d) Multi stage reciprocating compressor

19. Which of the following parameters are not required for evaluating volumetric efficiency of the compressor?
a) Power b) Cylinder bore diameter c) Stroke length d) FAD

20. If the compressor of 200 cfm loads in 10 seconds and unloads in 20 seconds, the air leakage would be_____
a) 67 cfm b) 100 cfm c) 10 cfm d) 133 cfm

21. Which of the following type does Screw compressor belongs to?
a) Positive displacement compressor b) Dynamic compressors
c) Both a & b d) None of the above
Ans: a) Positive displacement compressor

22. The compressor capacity of a reciprocating compressor is directly proportional to ______________________________
a) Speed b) Pressure c) Volume d) All
Ans: a) Speed

. Vertical type reciprocating compressors are used in the capacity range of _______________
a) 50 – 150 cfm b) 200 – 500 cfm c) Above 10ooo cfm d) 10 – 50 cfm
Ans a) 50 – 150 cfm

24. The specific power consumption of non lubricated compressor compared to lubricated type is ____
a) Lesser b) Same c) Higher d) None
Ans c) Higher

-End-

- စက်ရုံတိုင်း၏ မရှိမဖြစ် Compressed Air System
- Energy Manager များ၏ မှီငြမ်းစာအုပ်
- Utility Engineer များ ၊ Facility Engineer များ၏ လက်စွဲစာအုပ်
- Compressed Air System အသုံးပြုသည့် လုပ်ငန်းများ ကုမ္ပဏီပိုင်ရှင်များ၊ Air Compressor လုပ်ငန်းပိုင်ရှင်များ
- နိုင်ငံခြားတွင် သွားရောက်အလုပ်လုပ်လိုသူ အင်ဂျင်နီယာများ
- Oil and Gas လုပ်ငန်းခွင်မှ အတတ်ပညာရှင်များ
- ရေကြောင်း နှင့် သင်္ဘော အင်ဂျင်နီယာများ
- အင်ဂျင်နီယာ ကျောင်းသားများ အတွက်

AIR COMPRESSORS AND COMPRESSED AIR SYSTEMS

Kaung Htat Nyunt

AIR COMPRESSORS AND COMPRESSED AIR SYSTEMS ● ကောင်းထက်ညွန့်

design : KTMDESIGN HOUSE