Chapter-4 Air Compressors

Compressed air system များတွင် production အပိုင်း၊ distribution အပိုင်း ၊ treatment အပိုင်း နှင့် end user အပိုင်းဟူ၍ အပိုင်းလေးပိုင်း ရှိသည့်အနက် air compressor များသည် ထုတ်လုပ်မှု(production) အပိုင်းတွင် ပါဝင်သည်။ Compressor များသည် compressed air system တစ်ခုလုံး၏ နှလုံး(heart)အဖြစ် တည်ရှိသည်။ ပတ်ဝန်းကျင်မှ လေကို compressed air ဖြစ်အောင် ပြုလုပ်ပေးသည်။

Compressed air system အားလုံးတွင် compressor သည် မရှိမဖြစ် ပါဝင်ရမည့် စက်များ ဖြစ်သည်။ လေထုတ်ပေးနိုင်စွမ်း(capacity)၊ လေဖိအား(pressure)၊ စက်စွမ်းအား(horse power) နှင့် အဆက်မပြတ် အသုံးပြုနိုင်စွမ်း(duty cycle) တို့သည် air compressor တစ်လုံး၏ အဓိက အချက်များ ဖြစ်သည်။

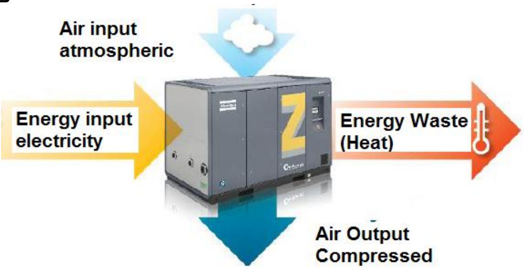
> လေထုတ်ပေးနိုင်စွမ်း(capacity)နှင့် လေဖိအား (pressure) တို့သည် တစ်ခု နှင့် တစ်ခု သီးခြားစွာ ရှိကြသည်။ Air compressor မှ ထွက်လာသည့် လေဖိအား(pressure)ကို ပြောင်းလဲခြင်းဖြင့် compressor ၏ လေထွက်နှုန်း(capacity) ပြောင်းလဲသွားလိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။

စက်မှုလုပ်ငန်းများတွင် အသုံးများသော pressure range သည် 6 bar(87 psi) မှ 10 bar(145 psi) အတွင်း ဖြစ်သည်။ အမြင့်ဆုံးဖိအား 200 bar(2900 psi)ဖြင့်မောင်းသော compressed air system များလည်း ရှိနိုင်သည်။ သို့သော် တွေ့မြင်ရန် အလွန် ခဲယဉ်းသည်။

compressed air system တစ်ခု၏ energy efficiency ကောင်းစေရန် အတွက်

(၁) ဒီဇိုင်း ရေးဆွဲခြင်း
(၂) တပ်ဆင်ခြင်း (installation)
(၃) အသုံးပြုခြင်း နှင့်
(၄) ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခြင်း (maintenance)

စသည့် လုပ်ငန်းများ အားလုံးကို စနစ်တကျ ပြုလုပ်ရန် လိုအပ်သည်။



ပုံ ၄-၁ Air Compressor

၄.၁ သုံးစွဲသည့် စွမ်းအင် နှင့် ပြန်ရနိုင်သည့် စွမ်းအင် (Useful Energy Output)

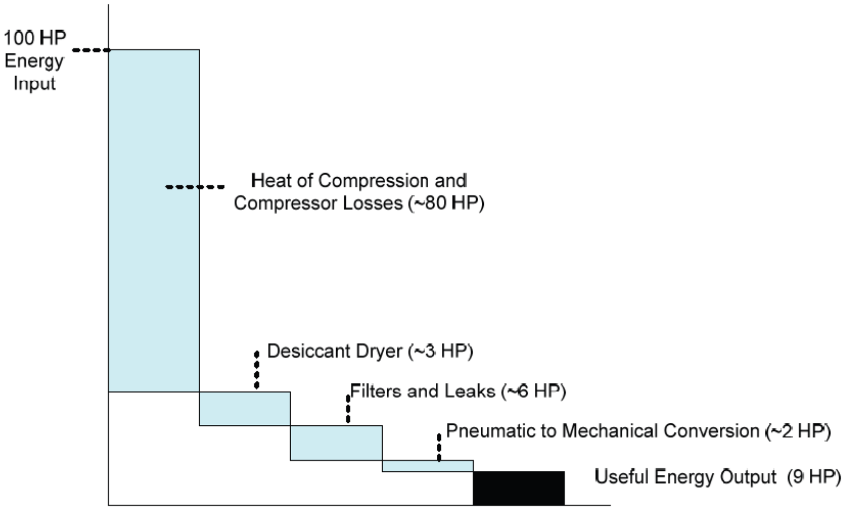
လျှပ်စစ်ဓာတ်အားခ ကုန်ကျစရိတ်	=	၇၆ %
စက်တန်ဖိုး နှင့် တပ်ဆင်ခ ကုန်ကျစရိတ်	=	၁၂%
ပြုပြင် ထိန်းသိမ်းခ ကုန်ကျစရိတ်	=	၁၂% တို့ ဖြစ်သည်။

ပုံ(၄-၂)တွင် Compressed air system တစ်ခု၏ စွမ်းအင် ဆုံးရှုံးမှုများကို ဖော်ပြထားသည်။ Compressed air ထုတ်လုပ်ရန်(production) နှင့် ဖြန့်ဝေရန်(distribution) အတွက် ဖြစ်ပေါ်လာမည့် စွမ်းအင် ဆုံးရှုံးမှုများကို ဖော်ပြထားသည်။ ဥပမာ - မြင်းကောင်ရေ (၁၀၀)အား(100HP) ပမာဏ ရှိသော စွမ်းအင်များကို compressed air system အတွက် အသုံးပြုလိုက်လျှင် မြင်းကောင်ရေ ကိုးကောင်(9HP)အားသာ compressed air အဖြစ် ရရှိနိုင်ပြီး ကျန်မြင်းကောင်ရေ (၉၁)ကောင်အား(91 HP) ပမာဏ ဆုံးရှုံးသွားလိမ့်မည်။

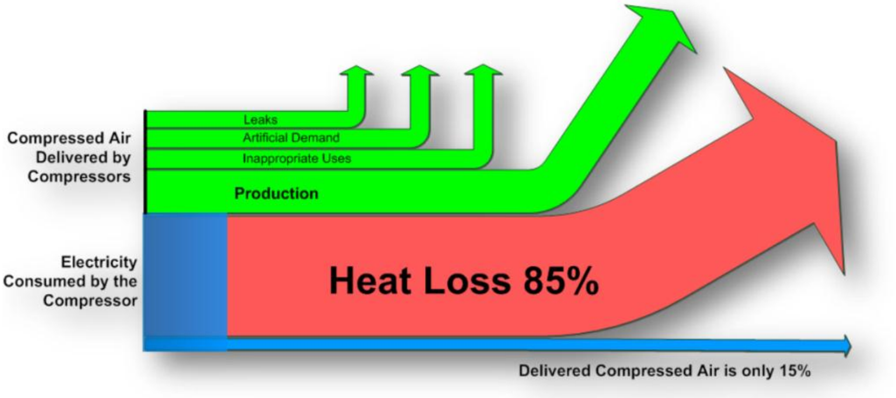
Heat of compression အတွက်	80 HP ဆုံးရှုံး လိမ့်မည်။
Dryer များအတွက်	3 HP ဆုံးရှုံး လိမ့်မည်။
လေစစ်(filter)များ နှင့် လေယိုစိမ့်မှုများ(leaks)အတွက်	6 HP ဆုံးရှုံး လိမ့်မည်။
Pneumatic မှ စက်မှုစွမ်းအား(mechanical energy)အဖြစ် ပြောင်းခြင်းအတွက်	9 HP ဆုံးရှုံး လိမ့်မည်။

ထို့ကြောင့် မြင်းကောင်ရေ(၉)ကောင်(9HP)အားသာ အသုံးပြုနိုင်သည့် စွမ်းအင်(useful energy output)အဖြစ် ပြန်ရရှိလိမ့်မည်။ ဥပမာ - မြင်းကောင်ရေ(၅၀)အား(50HP)ရှိသော compressor ကို တစ်နေ့လျှင်

ရှစ်နာရီနှုန်း(one shift)ဖြင့် မောင်းလျှင် လျှပ်စစ်ဓာတ်အားခ တစ်ခုတည်း အတွက် အမေရိကန်ဒေါ်လာ(၈၆၀၀) ခန့် ကုန်ကျနိုင်သည်။



ပုံ ၄-၂ Compressed air ၏ သုံးစွဲသည့် စွမ်းအင် နှင့် ပြန်ရနိုင်သည့် useful energy output



ပုံ ၄-၃ Compressed air တစ်ခုမှ ဆုံးရှုံးမှုများကို ဖော်ပြထားသည်။

၄.၂ Compressor အမျိုးအစားများ

2-stage Oil-free compressor သုံးလုံး

ဒီဇယ်အင်ဂျင်ဖြင့် မောင်းသော Oil-lubricated compressor

Compressed air system သည် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု အလွန်များသည့် system ဖြစ်သည်။ အထက်ပါ ပုံအရ အသုံးပြုလိုက်သည့် စွမ်းအင်၏ ၁၀%ခန့်သာ compressed air အဖြစ် သို့မဟုတ် အလိုရှိသည့် စွမ်းအင် အဖြစ်(useful energy) ပြန်ရရှိသည်။ ထို့ကြောင့် compressed air ကို အသုံးပြုတော့မည်ဆိုလျှင် အမှန် တကယ် လိုအပ်၍ အသုံးပြုသည် ဟုတ်မဟုတ်ကို ဆန်းစစ်ရန် လိုအပ်သည်။ လျှပ်စစ်ဓာတ်အားဖြင့် မောင်းသော

ကိရိယာများ(direct drive electric tool) သို့မဟုတ် ဟိုက်ဒရောလစ်အားဖြင့် မောင်းသော ကိရိယာများ (hydraulic tools)ကို အသုံးပြုရန် ဖြစ်နိုင်ပါက စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု သက်သာစေရန် (energy efficiency အတွက်) စဉ်းစားသင့်သည်။

Reciprocating compressor အခန်း

Oil-free screw compressor များ

Oil-free reciprocating compressor

Oil-lubricated compressor

Oil-free screw compressor များ

Oil-flooded screw compressor

Vane compressor ကို skid ပေါ်တွင် တပ်ဆင်ထားပုံ

Oil-free screw compressorကို skid ပေါ်တွင် တပ်ဆင်ထားပုံ

ပုံ ၄-၄ အမျိုးမျိုးသော compressor များ

Compressor များကို အောက်ပါအတိုင်း အမျိုးအစား ခွဲခြားနိုင်သည်။

(၁) Compress လုပ်သည့် အဆင့်(stage)ကို လိုက်၍ single-stage ၊ 2-stage နှင့် multi-stage ဟူ၍ ခွဲခြားလေ့ ရှိသည်။

(၂) အအေးခံသည့်နည်း(cooling method) နှင့် medium ကို လိုက်၍ air cooled ၊ water cooled နှင့် oil-cooled ဟူ၍လည်း ခွဲခြားလေ့ ရှိသည်။

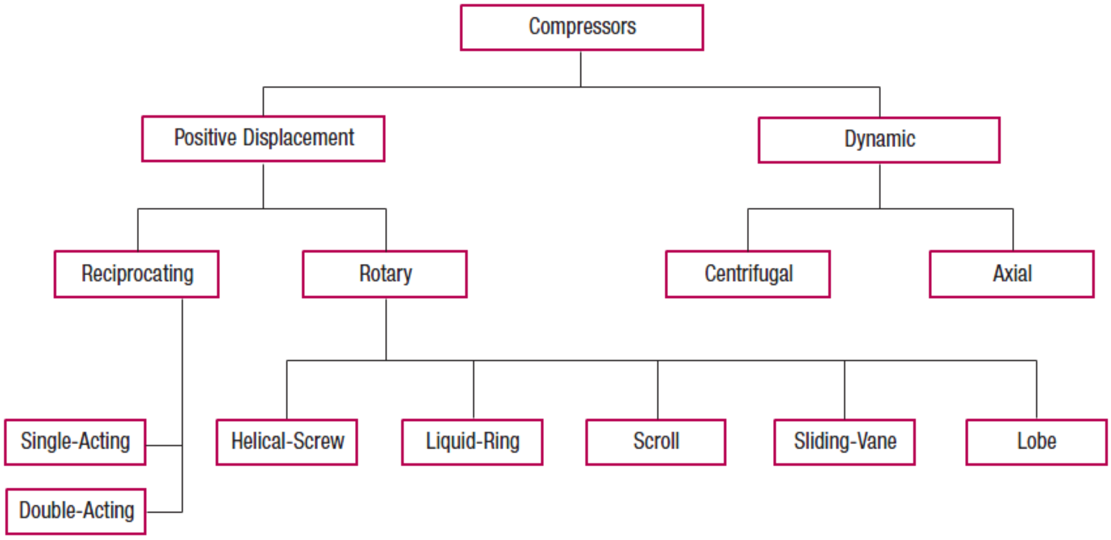
(၃) မောင်းသည့် စက်အမျိုးအစား (drive type)ကို လိုက်၍ အင်ဂျင်ဖြင့် မောင်းခြင်း(engine driven)၊ လျှပ်စစ်မော်တာဖြင့် မောင်းခြင်း(motor driven)၊ တာဘိုင်ဖြင့် မောင်းခြင်း(turbine driven)၊ ရေနွေးငွေ့ဖြင့် မောင်းခြင်း(steam driven) ဟူ၍ လည်းခွဲခြား လေ့ရှိသည်။

(၄) ချောဆီအသုံးပြုသည့်နည်း(lubrication method)ကို လိုက်၍ splash lubricated သို့မဟုတ် forced lubrication သို့မဟုတ် oil-free compressor ဟူ၍လည်း ခွဲခြားလေ့ ရှိသည်။ Oil-Free compressed air system နှင့် lubricated compressed air system ဟု နှစ်မျိုး ခွဲခြားလေ့ ရှိသည်။

(၅) အသုံးပြုရန်လိုအပ်သည့် ဖိအား(service pressure)ကို လိုက်၍ low pressure ၊ medium pressure ၊ high pressure ဟူ၍လည်း ခွဲခြားလေ့ ရှိသည်။

(၆) တပ်ဆင်ထားပုံကို လိုက်၍ အသေတပ်ဆင်ထားသည့်(stationary) compressor နှင့် ရွှေ့ပြောင်းနိုင်သည့် (protable သို့မဟုတ် mobile) compressor ဟူ၍လည်း ခွဲခြားလေ့ ရှိသည်။

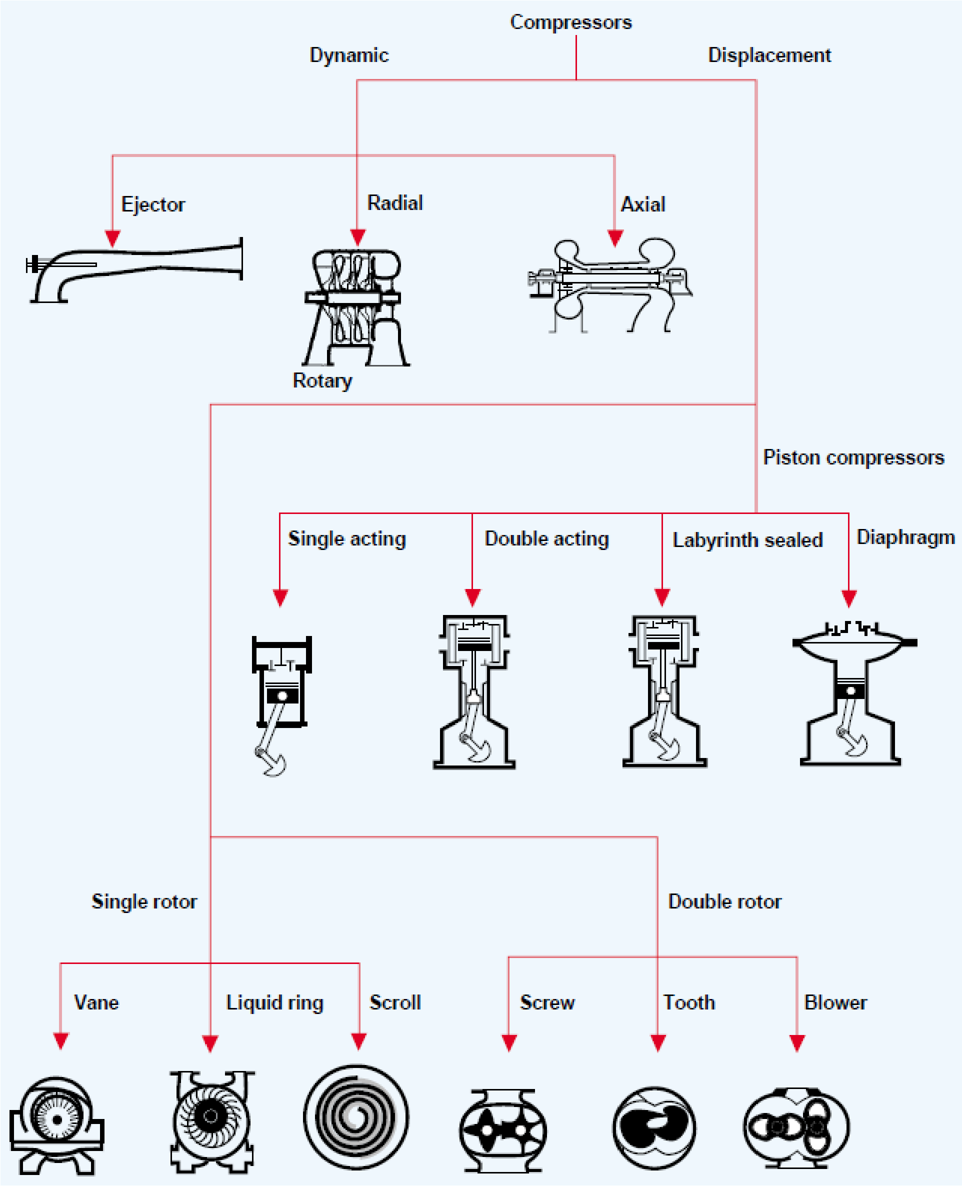
စက်မှုလုပ်ငန်းများတွင် အသုံးပြုမည့် compressed air ၏ သန့်စင်မှု လိုအပ်ချက်(purification requirements)များကို အခြေခံ၍ compressed air system များကို ရွေးချယ်ကြသည်။ လေ၏ သန့်စင်မှု (purity)သည် အသုံးပြုထားသည့် air treatment ကိရိယာများ၏ အရည်အသွေး(quality) အပေါ်တွင် မူတည်သည်။ Compressor အမျိုးအစားများ(types)ကို အလုပ်လုပ်ပုံ(working principle)ဖြင့် အခြေခံ၍ ခွဲခြားထားသည်။



ပုံ ၄-၅ အမျိုးမျိုးသော compressor များကို သက်ဆိုင်ရာ အုပ်စုအလိုက် ဖော်ပြထားပုံ

စက်မှုလုပ်ငန်းများတွင် အသုံးပြုသည့် air compressor များ၏ လေထွက်နှုန်း(capacity range)ကို ဖော်ပြထားသည်။

Compressor အမျိုးအစားများ	Free Air Delivery ထုတ်ပေးနိုင်စွမ်း
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



ပုံ ၄-၆ အမျိုးမျိုးသော compressor များကို သက်ဆိုင်ရာ အုပ်စုအလိုက် ဖော်ပြထားပုံ

Compressor များ၏ efficiency များကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။ Specific energy consumption ဆိုသည်မှာ လေထုထည် တစ်ကုဗမီတာ(1 m^3)ရရန်အ တွက် သုံးစွဲရမည့် စွမ်းအင်ကို kWh ဖြင့် ဖော်ပြထားခြင်း ဖြစ်သည်။

Compressor များ၏ Efficiency နှင့် Capacity ကို နှိုင်းယှဉ် ဖော်ပြထားသည်။

Description	Capacity (m^3/min)	Specific Energy Consumption(kWh/m^3)	Part Load efficiency
Lubricated piston	0.12 - 1.5	0.141	Good
	1.5 - 15.0	0.118	Good
	15.0 - 60.0	0.100	Excellent
Non-lubricated piston	0.12 - 1.5	0.153	Good
	1.5 - 15.0	0.129	Good
	15.0 - 60.0	0.112	Excellent
Oil-injected vane/ screw	0.12 - 1.5	0.141	Poor
	1.5 - 15.0	0.124	Fair
	15.0 - 60.0	0.112	Fair
Non-lubricated toothed rotor/screw	1.5 - 15.0	0.119	Good
	15.0 - 60.0	0.106	Good
	60.0 - 120.0	0.106	Good
Non-lubricated centrifugal	15.0 - 60.0	0.124	Good
	60.0 - 120.0	0.106	Excellent
	Over 120.0	0.100	Excellent

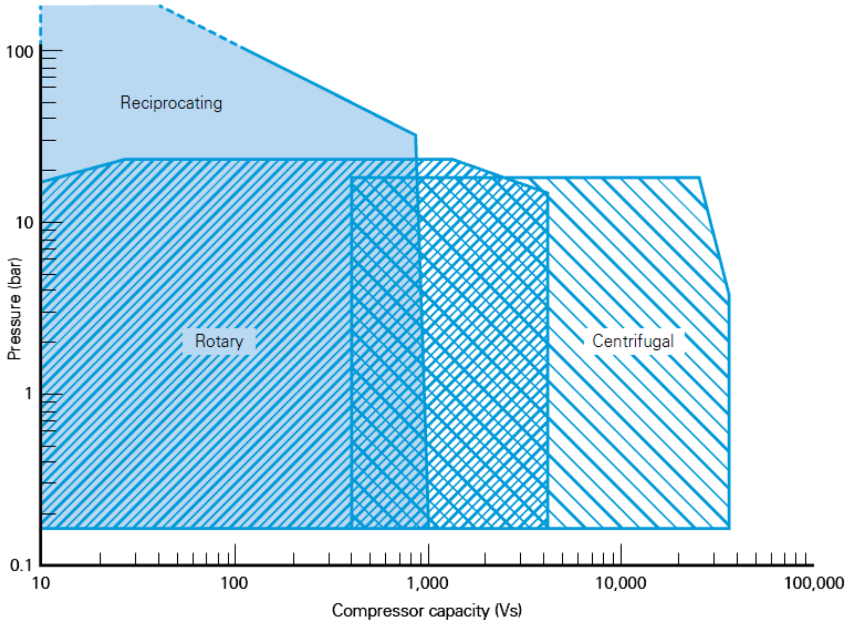
၄.၂.၁ Compressor ရွေးချယ်ရန်အတွက် Compressor များ၏ ဖိအား နှင့် လေထုတ်ပေးနိုင်စွမ်း

Compressor အမျိုးအစားများ	Capacity (m^3/h)		Pressure (bar)	
	From	To	From	To
Roots blower compressor single stage	100	30000	0.1	1
Reciprocating				
– Single / Two stage	100	12000	0.8	12
– Multi stage	100	12000	12	700
Screw				
– Single stage	100	2400	0.8	13
– Two stage	100	2200	0.8	24
Centrifugal	600	300000	0.1	450

Air Compressor အမျိုးမျိုးတို့၏ specific power consumption ၊ အားနည်းချက်(disadvantages) နှင့် အားသာချက်များ(advantages) ကိုဖော်ပြထားသည်။

Compressor	အားသာချက်များ(Advantages)	အားနည်းချက်(Disadvantages)
Reciprocating Efficiency: (7.8 – 8.5 kW/m^3/min)	-ဖိအားမြင့်မြင့် ထုတ်ပေးနိုင်သည်။ -အလေးချိန် နည်းသည်။ -အရွယ်အစား သေးငယ်သည်။ -အစပိုင်းကုန်ကျစရိတ်(initial cost) နည်းသည်။ -ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းရန် လွယ်ကူ ရှင်းလင်းသည်။	-အသံ ဆူညံသည်။ -ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခ စရိတ်များသည်။ -System အငယ်စားများအတွက် သင့်လျော်သည်။ -ခိုင်ခံ့သည့် foundation

	-Multi-stage ဖြစ်လျှင် efficient ဖြစ်သည်။ -Compression မျိုးမျိုး ရနိုင်သည်။	လိုအပ်သည်။ စက်များဟောင်းသွားလျှင် oil carry over ဖြစ်နိုင်သည်။
Screw Efficiency: (6.4 -7.8 kW/m^3/min)	-လွယ်ကူ ရှင်းလင်းစွာ မောင်းနိုင်သည်။ -အပူချိန် နိမ့်သည်။ -ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းမှု အနည်းငယ်သာ လိုသည်။ -အသံ တိတ်ဆိတ်သည်။ -အရွယ်အစား သေးငယ်သည်။ -တုန်ခါမှု(vibration) အလွန် နည်းသည်။ -ဈေးကွက်တွင် အလွယ်တကူ ရနိုင်သည်။ -Variable speed ဖြင့် မောင်းနိုင်သည်။ -Turndown ကောင်းသည်။	-လေအရည်အသွေး(air quality) ညံ့သည်။
Vane	-လွယ်ကူ ရှင်းလင်းစွာ မောင်းနိုင်သည်။ -အပူချိန် နိမ့်သည်။ -ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းမှု အနည်းငယ်သာ လိုသည်။ -အသံ တိတ်ဆိတ်သည်။	-အလိုရှိသည့် capacity အတိုင်း မရနိုင်ပါ။ -လေ အရည်အသွေး(air quality) ညံ့သည်။
Centrifugal Efficiency: (5.8 – 7 kW/m^3/min)	-Energy efficient ဖြစ်သည်။ -Capacity များများရနိုင်သည်။ -အသံတိတ်ဆိတ်သည်။ -လေအရည်အသွေး(air quality) ကောင်းသည်။	-အစပိုင်း ကုန်ကျစရိတ်(initial cost) များသည်။ -Low capacity တွင် efficiency ညံ့သည်။ -ကျွမ်းကျင်သူများသာ ပြုပြင် ထိန်းသိမ်းမှု လုပ်နိုင်သည်။ -Water-cooled သာရနိုင်သည်။



ပုံ ၄-၇ Compressor capacity and pressure limitations

Air Compressor အမျိုးမျိုးတို့၏ အဓိကအချက်များကို အနှစ်ချုပ် ဖော်ပြထားသည်။

အမျိုးအစား	ထူးခြားသော လက္ခဏာများ (Characteristics)	
Reciprocating	-စွမ်းအင် သုံးစွဲမှု နည်းသည်။ -ဖိအားမြင့်သည့် လုပ်ငန်းများ အတွက် သင့်လျော်သည်။ -အရွယ်အစား သေးငယ်သည်။(compact ဖြစ်သည်။) portable ဖြစ်သည်။	-တုန်ခါမှု များသည်။ -အပူချိန် မြင့်သည်။ -အသံ ဆူညံသည်။ -ပြုပြင် ထိန်းသိမ်းစရိတ် များသည်။ -လေများများ ရလိုလျှင် ကုန်ကျစရိတ် များသည်။
Vane	-တည်ဆောက်ပုံ ရိုးရှင်းသည်။ -အသံ တိတ်ဆိတ်သည်။ -အရွယ်အစား သေးငယ်သည်။	-လိုသည့် capacity အတိုင်း မရနိုင်။ -လေထဲတွင် ဆီများ ပါလာလေ့ရှိသည်။(Oil residues in the air)
Screw (oil injected)	-တည်ဆောက်ပုံ ရိုးရှင်းသည်။ -အသံ တိတ်ဆိတ်သည်။ -အပူချိန် နိမ့်သည်။ -ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းမှု အနည်းငယ်သာ လိုသည်။ -အရွယ်အစား သေးငယ်သည်။	-လေထဲတွင် ချောဆီများ ပါလာလေ့ရှိသည်။ (Oil residues in the air)
Screw (oil free)	-တည်ဆောက်ပုံ ရိုးရှင်းသည်။ -အသံ တိတ်ဆိတ်သည်။ -အပူချိန် နိမ့်သည်။ -ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းမှု အနည်းငယ်သာ လိုသည်။ -အရွယ်အစား သေးငယ်သည်။	-လေထဲတွင် ချောဆီ လုံးဝ ကင်းရှင်းသောကြောင့် air treatment အနည်းငယ်သာ လုပ်ရန် လိုသည်။
Centrifugal	-Energy efficient ဖြစ်သည်။ -Capacity များများ ရနိုင်သည်။ -အသံ တိတ်ဆိတ်သည်။	-လေထဲတွင် အမှုန်များ ပါဝင်နေကို လက်မခံနိုင်။ အစဦး ကုန်ကျစရိတ် များသည်။
Scroll	-Oil free အမျိုးအစား ဖြစ်သည်။	-Energy efficiency ကောင်းသည်။
Rotary tooth	-Oil free အမျိုးအစား ဖြစ်သည်။	-သေးငယ်လျှင် energy efficiency ကောင်းသည်။

၄.၂.၂ အအေးခံသည့်နည်း အမျိုးမျိုး(Type of Cooling)

Air compressor များမှ ထွက်လာသည့် အပူများကို လေ(air)၊ ရေ(water) သို့မဟုတ် ချောဆီ(oil) တို့ကို အသုံးပြု၍ အေးအောင်ပြုလုပ်နိုင်သည်။ Air cooler များကို air-cooled compressor များအတွင်း၌လည်း တပ်ဆင်ထားနိုင်သည်။ သို့မဟုတ် အပြင်၌လည်း တပ်ဆင်နိုင်သည်။

Water-cooled compressor များအတွက် အပူချိန်နိမ့်သည့်ရေ ရရှိရန် လိုသည်။ အကြမ်းအားဖြင့် compressor များသည် မြင်းကောင်ရေ တစ်ကောင်အားတိုင်း(1 HP)အတွက် 2,000 မှ 2,500 Btu/hr ခန့် အပူ(heat) ပမာဏကို စွန့်ထုတ်ပစ်(reject) ကြသည်။

Water-Cooled compressor များသည် Air-Cooled compressor များထက် ပို၍ အပူကို စွန့်ထုတ်နိုင်သောကြောင့် energy efficiency ကောင်းကြသည်။

အနီးရှိလေ(ambient air)ဖြင့် compressor ကို အေးအောင် ပြုလုပ်သောကြောင့် air-cooled compressor ဟု သတ်မှတ် ခေါ်ဆိုခြင်း ဖြစ်သည်။ Compressor ၏ cylinder head တွင် fin ကလေးများ တပ်ဆင်ထားခြင်းဖြင့် အပူကူးပြောင်းမှု(heat transfer) ပိုများအောင်(ပိုအေးအောင်) ပြုလုပ်နိုင်သည်။ Duty cycles 50% မှ 75% ကို အခြေခံ၍ air-cooled unit များကို ဒီဇိုင်း ပြုလုပ်ကြသည်။ Water-cooled compressor များတွင် water jacket များကို cylinder head အနားတွင်ထားရှိသည်။ ရေဖြင့် အေးစေခြင်း (water cooled)နည်းသည် လေဖြင့်အေးစေခြင်း(air cooled)ထက် ပို၍ efficient ဖြစ်သည်။

အအေးခံသည့်နည်း အမျိုးအစား(type of cooling)လိုက်၍ compressor များကို ခွဲခြားသတ်မှတ်ထားသည်။

Air Cooled Compressors – ပန်ကာ(Fan)ကို အသုံးပြု၍ လေကို compressor ပေါ်သို့ ဖြတ်သွားစေခြင်းဖြင့် အအေးခံသော နည်းဖြစ်သည်။ Cooling efficiency နိမ့်သောကြောင့် လေထွက်နှုန်း(capacity)နည်းသည့် compressor များ၌သာ အများဆုံး အသုံးပြုနိုင်သည်။

Water Cooled Compressors - Heavy duty သို့မဟုတ် အမြဲမောင်းရန် လိုအပ်သည့် (continuous applications) compressor များတွင် ရေဖြင့်အအေးခံခြင်းနည်း(water cooling system)ကို အသုံးပြုကြသည်။ များသောအားဖြင့် cooling efficiency အလွန်ကောင်းသည်။

Water Cooling

အမြဲမောင်းရန် လိုအပ်သည့်(continuous operation) air compressor များမှ ထွက်လာသည့် အပူ (heat of compression)ပမာဏ အလွန် များသည်။ ထို heat of compression ကို after-cooler နှင့် oil cooler နှစ်မျိုးလုံးကို အသုံးပြု၍ ဖယ်ထုတ်ပစ် နိုင်သည်။

Inter-cooler ၊ cylinder jacket နှင့် aftercooler တို့၌ လုံလောက်သော ရေ(cooling water)ပမာဏ ရမှသာ compressor ကို အေးစေနိုင်ခြင်း၊ compressed air အပူချိန် ကျဆင်းစေခြင်းနှင့် ပါဝင်နေသော ရေငွေ့(moisture)များကို ကောင်းစွာ ဖယ်ထုတ်နိုင်ခြင်း ဖြစ်ပေလိမ့်မည်။

Compressor စတင်၍မမောင်းမီ ရေ(cooling water)စီးဆင်းနေခြင်း ရှိမရှိကို flow switch တပ်ဆင်၍ စစ်ဆေးရန် လိုအပ်သည်။ ရေ(cooling water) စီးဆင်းနေခြင်းမရှိပါက flow switch သည် activate ဖြစ်လိမ့်မည် မဟုတ်ပေ။ ထိုအခါ compressor ကို စတင်၍ မောင်းနှင်ရန် မဖြစ်နိုင်ပါ။

Liquid seal အမျိုးအစား rotary compressor နှင့် aftercooler အတွက် cooling water ပိုက်ကို တန်းဆက်(series)ပုံစံဖြင့် ချိတ်ဆက် ထားရမည်။ ထုတ်လုပ်ရောင်းချသူများ(compressor manufacturer)၏ အကြံပေးချက်များ(recommendations)အတိုင်း ပိုက်များကို ဒီဇိုင်းလုပ်ခြင်း၊ တပ်ဆင်ခြင်းတို့ ပြုလုပ်ရမည်။

Cooling system component များ၏ အတွင်း၌ အနယ်ထိုင်ခြင်း၊ ချေးကပ်ခြင်း၊ ကြေးညှိတက်ခြင်း နှင့် သံချေးတက်ခြင်း(fouling)တို့ မဖြစ်ပေါ်စေရန်အတွက် piping system များတွင် strainer များ သို့မဟုတ် filter များ တပ်ဆင်ထားရမည်။ Inter-coolers ၊ cylinder jackets နှင့် aftercoolers မှ အပူဖယ်ထုတ်နိုင်စွမ်းကို အောက်တွင် ဖော်ပြထားသည်။

၄.၂.၃ Heat Dissipation

Inter-cooler များ၊ cylinder jacket များနှင့် aftercooler များ အတွက်လိုအပ်သော cooling water ပမာဏကို အောက်ပါ ပုံသေနည်း တွက်ယူနိုင်သည်။

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

Where:

- GPM = gallons of water flow per minute
- BHP = air compressor brake horsepower
- Heat dissipation = value from table below (အောက်ပါဇယားမှ သင့်လျော်ရာ တန်ဖိုးများ)
- ΔT သို့မဟုတ် T-rise = °F, water temperature rise

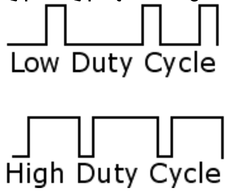
မြင်းကောင်ရေတစ်ကောင်အားမှ ထွက်လာသည့် အပူပမာဏကို Btu/minute ဖြင့်ဖော်ပြထားသည်။

	Single Stage (Btu/minute per BHP total)	Two Stages (Btu/minute per BHP total)
Inter-cooler	None	20
Cylinder Jacket	15	5
Aftercooler	26	17

ဆလင်ဒါ(cylinder) inlet port အနီးတွင် ရေသီးခြင်း(condensation) မဖြစ်ပေါ်စေရန် ဝင်လာသည့် ရေ(cooling water)၏ အပူချိန်နှင့် ထွက်သွားသည့် လေ၏အပူချိန်တို့၏ ကွာခြားချက်ကို 15°Fထက် များအောင် ပြုလုပ် ထားရမည်။ 15°F ထက် များစေရန် ရေကို inter-cooler ထဲသို့ အရင်ဝင်ရောက်စေပြီး၊ နောက်မှသာ cylinder jacket များဆီသို့ စီးဆင်းသွားစေရန် ဖြစ်သည်။ တစ်ခြားသော နည်းတစ်ခုသည် cylinder jacket အတွင်းသို့ ဝင်သွားမည့် ရေပမာဏ(ရေစီးနှုန်း)ကို လျှော့ချရန် ဖြစ်သည်။ Compressor ထုတ်လုပ်သူများ (manufacturer)ထံမှ လိုအပ်သော ရေပမာဏ(ရေစီးနှုန်း)ကို ရယူနိုင်သည်။

၄.၂.၄ အဆက်မပြတ် မောင်းနိုင်စွမ်း (Duty Cycle)

Duty cycle ၏တန်ဖိုးသည် ၁% မှ ၁၀၀% အတွင်းဖြစ်သည်။ အဆက်မပြတ် မောင်းနိုင်စွမ်း(duty cycle)တန်ဖိုး များလေ compressor မောင်းချိန် ပိုကြာလေ ဖြစ်သည်။ သတ်မှတ်ထားသည့် အချိန်ကာလ တစ်ခု အတွင်း compressor အချိန် မည်မျှ မောင်းနေသည်ကို duty cycle က ဖော်ပြ ပေးသည်။ ဥပမာ 30% duty cycle ၏ အဓိပ္ပာယ်သည် သတ်မှတ်ထားသည့် အချိန်၏ ၃၀% တွင် compressor မောင်းနေလိမ့်မည် ဖြစ်ပြီး ကျန်အချိန် ၇၀% တွင် compressor ရပ်နား နေလိမ့်မည်။



Duty cycle ဆိုသည်မှာ compressor မောင်းသည့် အချိန်ကာလ(time)ကို ဆိုလိုသည်။ 50% duty cycle ရှိသည့် compressor သည် တစ်နာရီ မောင်းပြီးလျှင် တစ်နာရီရပ်နားရန် လိုအပ်သည် ဟုဆိုလိုသည်။ တစ်နည်း အားဖြင့် မောင်းချိန် နှင့် ရပ်နားချိန် တူညီနေလျှင် 50% Duty cycle ဖြစ်သည်။ အချိန်ပြည့် အဆက်မပြတ် မောင်းနေရလျှင် 100% Duty cycle ဖြစ်သည်။

မြင်းကောင်ရေတစ်ကောင်အားသုံးလျှင် တစ်မိနစ်၌ လေ(၄)ကုဗပေထုတ်ပေးနိုင်(4 CFM/HP)ပြီး 32.65 CFM အတွက် 50% duty cycle ဖြင့်မောင်းရန်လိုအပ်လျှင် compressor ၏ power သည် 16.32 HP ဖြစ်ရမည်။(8.16 HP မဟုတ်ပါ) [32.65 CFM ÷ 4 CFM/HP] ÷ 50% duty cycle = 16.32 HP ဖြစ်သည်။

Rotary screw compressor များတွင် duty cycle သို့မဟုတ် duty factor သည် သိပ်အရေးမကြီးပေ။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် rotary screw compressor များသည် (၂၄)နာရီပတ်လုံး အဆက်မပြတ် မောင်းနိုင်သောကြောင့် ဖြစ်သည်။ အချိန် ခဏမျှသာ ပြုပြင် ထိန်းသိမ်းခြင်း (maintenance) လုပ်ရန်အတွက် ရပ်နားရန် လိုသည်။

သို့သော် အဆင့်နိမ့်သည့် (အိမ်နှင့်အလုပ်ရုံငယ် များတွင်အသုံးပြုသည့်) compressor များကို အဆက်မပြတ် မောင်းရန် မဖြစ်နိုင်သောကြောင့် duty cycle သတ်မှတ်ပေးရသည်။ Compressor ၏ အမြင့်ဆုံး duty cycle သည် ၅၀% ဟုဆိုလျှင် ထို compressor ကို (၁၀)မိနစ်မောင်းပြီးလျှင် (၁၀)မိနစ်ခန့် ရပ်နားပေးရန်

လိုအပ်သည်။ Compressor မောင်းနေလျှင် အပူချိန် အလွန် မြင့်မားလာနိုင်သောကြောင့် အအေးခံရန်အတွက် ရပ်နားပေးရခြင်း ဖြစ်သည်။ မရပ်နားပါက အပူလွန်(overheat)၍ စက်ပျက်ခြင်း(breaks down) ဖြစ်နိုင်သည်။ ဈေးပေါသော compressor များ၏ မကောင်းသည့် အချက်တစ်ခု ဖြစ်သည်။

ထိုကဲ့သို့မျိုး compressor ကိုသုံးလျှင် လိုအပ်သည့်လေ(demand)ထက် လေထွက်နှုန်း(capacity) ပိုများသည့် compressor နှင့် လေလှောင်ကန်(storage tank)ကြီးကြီး တပ်ဆင်ထားရန် လိုသည်။ Compressor အအေးခံရန် ရပ်နားနေချိန်တွင် လေလှောင်ကန်(storage tank)ထဲမှ compressed air များကို ထုတ်သုံးနိုင်သည်။ Reciprocating compressor ကို continuous duty (100% duty cycle)ဖြင့် မောင်းလိုလျှင် double acting ဖြစ်ရမည်ဖြစ်ပြီး၊ ရေဖြင့်အအေးစေရမည်။(တစ်နည်းအားဖြင့် double acting water cooled reciprocating compressor ဖြစ်ရမည်။) Reciprocating compressor များအတွက် On/Off control နည်း နှင့် Load/Unload control နည်းကို အသုံးပြုနိုင်သည်။ Two-step control နည်းသည် compressor ကို Start/Stop ပြုလုပ်ခြင်း သို့မဟုတ် Load/Unload လုပ်ခြင်း ဖြစ်သည်။

Non-Lubricated Compressor နှင့် Lubricated Compressor တို့၏ ကွာခြားချက်များ

Non Lubricated Compressor	Lubricated Compressor
ချောဆီကို အသုံးမပြုထားသောကြောင့် လေစစ်(filter) အနည်းငယ်ကိုသာ အသုံးပြုရန် လိုသည်။	Lubricated compressor ဈေးသက်သာကြသည်။
သက်တမ်းရှည်သည်။ ကြာကြာခံသည်။	ရှင်းလင်းစွာ တည်ဆောက် ထားသည်။
စားသောက်ကုန် လုပ်ငန်းနှင့် ဆေးဝါး လုပ်ငန်းများတွင် ချောဆီ ပါဝင်မှုကို လက်မခံနိုင်သောကြောင့် သင့်လျော်သည်။	ချောဆီသည် compressed air နှင့် compressor ကို အအေးစေနိုင်သည်။
Non Lubricated Compressor များ သည် ဈေးကြီးသည်။	မြန်နှုန်း နိမ့်သည်။ အပူချိန် နိမ့်သည်။
ထိန်းသိမ်းမှု စရိတ် မြင့်မားသည်။	လေစစ်(filter)များကို မကြာခဏ သန့်ရှင်းပေးရန် လိုသည်။
ချောဆီ မပါသောကြောင့် အပူချိန် မြင့်သည်။ ဖိအားများများ ရရန် လိုအပ်လျှင် multistage compression လုပ်ရန် လိုသည်။	ကိရိယာများအတွက် ကုန်ကျစရိတ် များသည်။ ဖိအားကျဆင်းမှုကြောင့် ကုန်ကျစရိတ် များသည်။
Compressor များကို ရှုပ်ထွေးစွာ တည်ဆောက် ထားသည်။	

၄.၂.၅ Air Compressor အမျိုးမျိုးတို့၏ Efficiency များ

Air cooled reciprocating compressor များသည် အစဦးကုန်ကျစရိတ်(initial cost) အလွန်နည်းသည်။ သို့သော် efficiency ညံ့သည်။

> Two-stage reciprocating compressor များသည် single stage compressor များထက် ပို၍ efficiency ကောင်းသည်။ Lubricated compressor များသည် non-lubricated compressor များထက်ပို၍ efficiency ကောင်းသည်။ သို့သော် compressed air ထဲ၌ ချောဆီများ ပါဝင်နေသည့် ပြဿနာကို ဖြေရှင်းရန် လိုသည်။

Displacement Compressor များ

Displacement compressor များသည် ဓာတ်ငွေ့(gas) သို့မဟုတ် လေကို အလုံပိတ်ထားသည့် ထုထည် (enclosed volume)တစ်ခုထဲသို့ဝင်ရောက်စေပြီး ထိုထုထည်(volume)ကို လျော့နည်းအောင်(သေးငယ်အောင်) ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် ဖိအားများစေ(မြင့်တက်စေ)ခြင်း ဖြစ်သည်။

ချောဆီ(lubricating oil)အသုံးပြုထားသည့် compressor မှ ထွက်လာသည့် လေထဲတွင် ပါဝင်နေသည့် oil aerosol နှင့် ဆီငွေ့(oil vapour)များကို ရှင်းလင်း ဖယ်ရှားပစ်ရန် လိုအပ်သည်။ ထို oil aerosol နှင့် ဆီငွေ့(oil vapour)တို့သည် compressor မှ ထွက်လာသည့် စွန့်ထုတ်အပူ(rejected heat)ကြောင့် ဓာတ်ပြုခြင်း ဖြစ်ကာ(carbonize ဖြစ်ကာ) အစိုင်အခဲ(solid)အဖြစ်သို့ ပုံသဏ္ဌာန် ပြောင်းလဲသွားသည်။ ထိုအစိုင်အခဲ ကလေးများသည် အသုံးပြုသည့်နေရာ(down stream)၌ရှိသော valve များကို ပိတ်ဆို့စေခြင်း၊ ပျက်ဆီးစေခြင်း နှင့် လုပ်ဆောင်မှု မှားယွင်းစေခြင်းတို့ ဖြစ်စေနိုင်သည်။

Air Compressor များ၏ Efficiency ကို နှိုင်းယှဉ် ဖော်ပြထားပုံ							
	Reciprocating			Rotary Screw		Centrifugal	
	Air cooled	Water cooled	Water cooled	Lubricated	Lubricated	Non-Lubricated	<250 HP
Units	Single-Stage	Single-Stage	Two-Stage	Single-Stage	Two-Stage	Two-Stage	
BHP per 100 CFM	26-32	25	19-22	23-26	20-22	20-26	22-27
kW per 100 CFM	22-27	21	16-18	19-22	17-18	17-22	18-22

ချောဆီ(lubricant oil)၏ ညစ်ပတ်မှု၊ ပေကျံမှု၊ မသန့်စင်မှုတို့ကို လက်မခံနိုင်သည့် စက်မှုလုပ်ငန်းများ (industries)တွင် oil free air compressor အမျိုးအစားများကို အသုံးပြုရသည်။ ချောဆီကြောင့် compressed air အဆင့်အတန်း ကျဆင်းသွားရသည်။ အရည်အသွေး ညံ့ဖျင်းသွားရသည်။ Compressor များအတွင်းရှိ ချောဆီသည် ရေငွေ့မှ ရေနှင့်ပေါင်းစပ်ကာ စက်ချေးအနစ်(sludge)များအဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲပြီး စက်ပစ္စည်း အစိတ်အပိုင်းများ နှင့် component များကို ပျက်စီးစေနိုင်သည်။

Lubricated System

Compressor အတွင်းရှိ ရွေ့လျားနေသော၊ လှုပ်ရှားနေသော အစိတ်အပိုင်းများ(moving parts) ကောင်းမွန်စွာ အလုပ်လုပ်စေရန်၊ ပွတ်တိုက်မှု(friction)နည်းစေရန် နှင့် စက်မှ အပူများကို ဖယ်ရှားရန် အတွက် ချောဆီ(lubricant oil)ကို အသုံးပြုရသည်။ Rotary screw အမျိုးအစား compressor တွင် ချောဆီ(lubricant oil)သည် အကြားအပေါက် နေရာလွတ်များကို seal အဖြစ် ပိတ်ဆို့ပေးသည်။ ဖိသိပ်မှု(compression) ပြုလုပ်ခြင်းကြောင့် ဖြစ်ပေါ်လာသော အပူများ(heat of compression) ကိုလည်း ဖယ်ရှားပေးသည်။

> ချောဆီ(lubricant oil)၏ စေးပျစ်မှု(viscosity)သည် compressor မောင်းနေသည့် လေထုအပူချိန် အနိမ့်အမြင့် (ambient temperature range)ပေါ်တွင် မူတည်သည်။

ချောဆီ(lubricant oil)သည် ဘယ်ရင်(bearing)များ လည်နေသည့်အခါတွင် လုံလောက်သော ချောမွေ့မှု(lubrication) ဖြစ်ပေါ်စေရမည်။ ယခုအခါ lubricated rotary screw compressor နှင့် high-

efficiency purification system တို့၏ နည်းပညာများ တိုးတက်လာမှုကြောင့် အလွန့် အလွန် သန့်စင်သော compressed air ကို ထုတ်နိုင်ပြီ ဖြစ်သည်။ ထိုစက်မှ လေများသည် oil free အမျိုးအစား compressed air လောက်နီးပါး သန့်စင်သည်။

Compressor ၏ လေထွက်နှုန်း(capacity)ကို Free Air Delivery (CFM သို့မဟုတ် Liter per Sec)ဖြင့် ဖော်ပြ လေ့ရှိသည်။ Cubic Feet per Minute(CFM)သည် တစ်မိနစ်လျှင် compress လုပ်နိုင်သော လေ ပမာဏကို ကုဗပေဖြင့် ဖော်ပြသည်။ Free Air Delivery(FAD) လေပမာဏ အပေါ်တွင် မူတည်၍ အသုံးပြုရမည့် compressor အမျိုးအစားများ ကွဲပြားကြသည်။

Compressed air ကို အသုံးပြုသည့် system များတွင် လေယိုစိမ့်မှု(air leak) မဖြစ်အောင် ကာကွယ်ခြင်း၊ လေဖိအား(working pressure)ကို တတ်နိုင်သလောက် လျှော့ချခြင်း၊လေစစ်များ(filter)ကို ပုံမှန် ဆေးကြောသန့်စင်ခြင်း၊ လဲပေးခြင်းတို့ဖြင့် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှုကို အနည်းဆုံး ၁၀% မှ ၂၀% အထိ လျှော့ချနိုင်သည်။

သင့်လျော် မှန်ကန်သော control လုပ်နည်းဖြင့် compressor များကို မောင်းခြင်း၊ ပိုကြီးမားသည့် လေလှောင်ကန်(storage receiver)ထားရှိခြင်းနှင့် ပိုကောင်းမွန်သည့် air dryer များ၊ filter များ တပ်ဆင်ခြင်း ဖြင့်လည်း စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု နည်းအောင် ပြုလုပ်နိုင်သည်။

Compressor များကို အဓိကအားဖြင့် positive displacement အမျိုးအစား နှင့် dynamic အမျိုးအစား ဟူ၍ နှစ်မျိုး နှစ်စား ခွဲခြားနိုင်သည်။

Reciprocating နှင့် Rotary air compressor တို့သည် "Positive Displacement" အမျိုး အစားတွင် ပါဝင်သော compressor များဖြစ်ကြသည်။ "Centrifugal Compressor" နှင့် "Axial Compressor" တို့သည် "Dynamic" အမျိုးအစားတွင် ပါဝင်သော compressor များဖြစ်ကြသည်။

၄.၃ Reciprocating Air Compressor များ

Reciprocating air compressor များသည် positive displacement machine များဖြစ်ကြသည်။ ဆလင်ဒါ(cylinder)အတွင်းရှိလေကို ပင်စတင်(piston)က တွန်းပေးခြင်းဖြင့် လေဖိအား(pressure)များအောင် ပြုလုပ်ခြင်း ဖြစ်သည်။

ယခင်အချိန်က ချည်မျှင်နှင့်အထည် လုပ်ငန်းများ(textile industry)တွင် reciprocating အမျိုးအစား compressor များကို တွင်ကျယ်စွာ အသုံးပြုကြသည်။ သို့သော် အခုအခါ screw compressor များကို စွမ်းအင်အကုန် သက်သာသည့်အတွက် တစ်စထက်တစ်စ ပိုမို အသုံးများလာကြသည်။ Screw အမျိုးအစား compressor များသည် reciprocating အမျိုးအစား compressor ထက် ပို၍ စွမ်းအင် သုံးစွဲမှု နည်းသည်။ Energy efficient ပိုဖြစ်သည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် တစ်မိနစ်လျှင် တစ်ကုဗမီတာ(1 m^3 per min)နှုန်း ရရှိရန်အတွက် reciprocating compressor များသည် လျှပ်စစ်ဓာတ်အား 7.8kW မှ 8.5kW သုံးစွဲသည်။ Screw compressor များသည် လျှပ်စစ်ဓာတ်အား 6.4kW မှ 7.8kW ခန့်သာ သုံးစွဲသည်။

လေသုံးစွဲမှုများသည့် စက်ရုံများတွင် centrifugal အမျိုးအစား compressor များကို အသုံးပြုရန် သင့်လျော်သည်။ သေးငယ်သည့် compressor အမြောက်အများကို သုံးမည့်အစား ကြီးမားသည့် compressor အနည်းငယ်ကို သုံးခြင်းသည့် ပို၍ energy efficient ဖြစ်သည်။ မောင်းခြင်းနှင့် ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခြင်း(operation and maintenance)ပြုလုပ်ရာတွင် ပိုမို လွယ်ကူသည်။ Compressor အရေအတွက် အနည်းငယ်ကိုသာ ပြုပြင် ထိန်းသိမ်းရန် လိုသည်။ Discharge Pressure နိမ့်သည်ဖြစ်စေ၊ မြင့်သည်ဖြစ်စေ လေထွက်နှုန်း(Flow)ကို ပုံမှန်ဖြစ်အောင် ထိန်းထားနိုင်သည်။

Compressor ၏ လေထွက်နှုန်း(air flow)သည် မြန်နှုန်း(speed) နှင့် တိုက်ရိုက် အချိုးကျသည်။ မြန်နှုန်း(Speed)မြင့်လျှင် လေထွက်နှုန်း(air flow) များသည်။

Reciprocating compressor များကို

(၁) Piston ၏ အလုပ်လုပ်ပုံကို အခြေခံ၍ single acting operation နှင့် double-acting operation ဟူ၍ ခွဲခြားထားသည်။

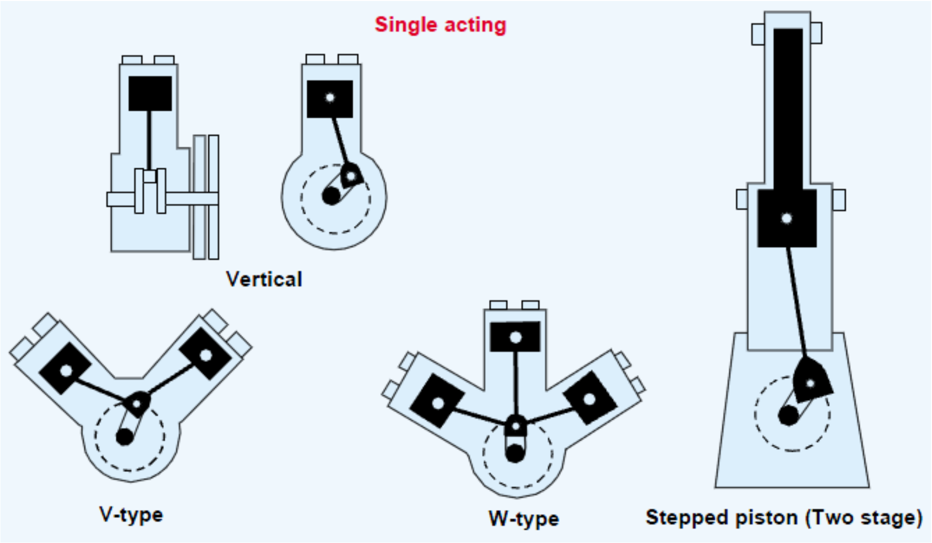
(၂) Compress လုပ်သည့် အဆင့်(stage)များ ကို အခြေခံ၍ single-stage configuration နှင့် multi-stage configuration ဟူ၍ ခွဲခြားထားသည်။

(၃) အအေးခံသည့် နည်းကို အခြေခံ၍ လေဖြင့်အအေးခံခြင်း(air cooling) နှင့် ရေဖြင့်အအေးခံခြင်း(water cooling) ဟူ၍ ခွဲခြားထားသည်။

(၄) ချောဆီ အသုံးပြုခြင်း ရှိမရှိကို အခြေခံ၍ lubricated နှင့် non lubricated(oil free) ဟူ၍ ခွဲခြားထားသည်။

Vertical အမျိုးအစား reciprocating compressor များ၏ capacity range သည် 50 CFM မှ 150 CFM အတွင်းဖြစ်သည်။ Horizational balcance-opposed compressor ၏ capaity range သည် 200 CFM မှ 5000 CFM အတွင်းဖြစ်သည်။

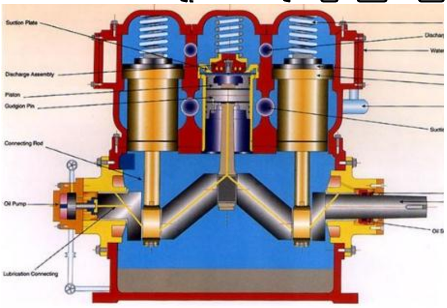
Reciprocating compressor များကို configuration အမျိုးမျိုးဖြင့် ရနိုင်သည်။ အများဆုံး တွေ့နိုင်သည့် configuration များမှာ (က) Horizontal (ခ) Vertical (ဂ) Horizatianal Balcance-Opposed နှင့် (ဃ) Tandem တို့ဖြစ်သည်။	Reciprocating compressor များကို အောက်ပါအတိုင်း ထပ်မံ ခွဲခြားနိုင်သည်။ (၁) In-line compressors, (၂) "V"-shaped compressors (၃) Tandem piston compressors (၄) Single-acting compressors (၅) Double-acting compressors နှင့် (၆) Diaphragm compressors တို့ ဖြစ်သည်။

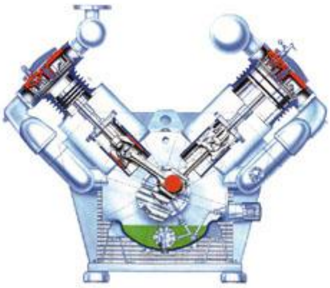


ပုံ ၄-၈(က) Reciprocating air compressor များ

ချောဆီကို အသုံးပြုသည့် air compressor များမှ ထွက်လာသည့် လေထဲ၌ ပါရှိနေသော ချောဆီကို ဖယ်ထုတ်ပစ်ရန် လိုအပ်သည်။ ချောဆီမသုံးသည့်(oil free) compressor များသည် instrumentation အတွက် ပို၍ သင့်လျော်သည်။ Process လုပ်ငန်းများတွင် အသုံးပြုရန်လည်း သင့်လျော်သည်။ Non-Lubricated (Oil Free) compressor များသည် ပိုကောင်းသည့် specific power consumption(kW/CFM)ကို ရနိုင်သည်။

ယေဘုယျအားဖြင့် ဆလင်ဒါတစ်လုံးသာပါသော(single cylinder) reciprocating compressor များသည် air cooled အမျိုးအစားများဖြစ်ပြီး ဆလင်ဒါများစွာပါသော(multi cylinder) reciprocating compressor များသည် water cooled အမျိုး အစားများ ဖြစ်ကြသည်။

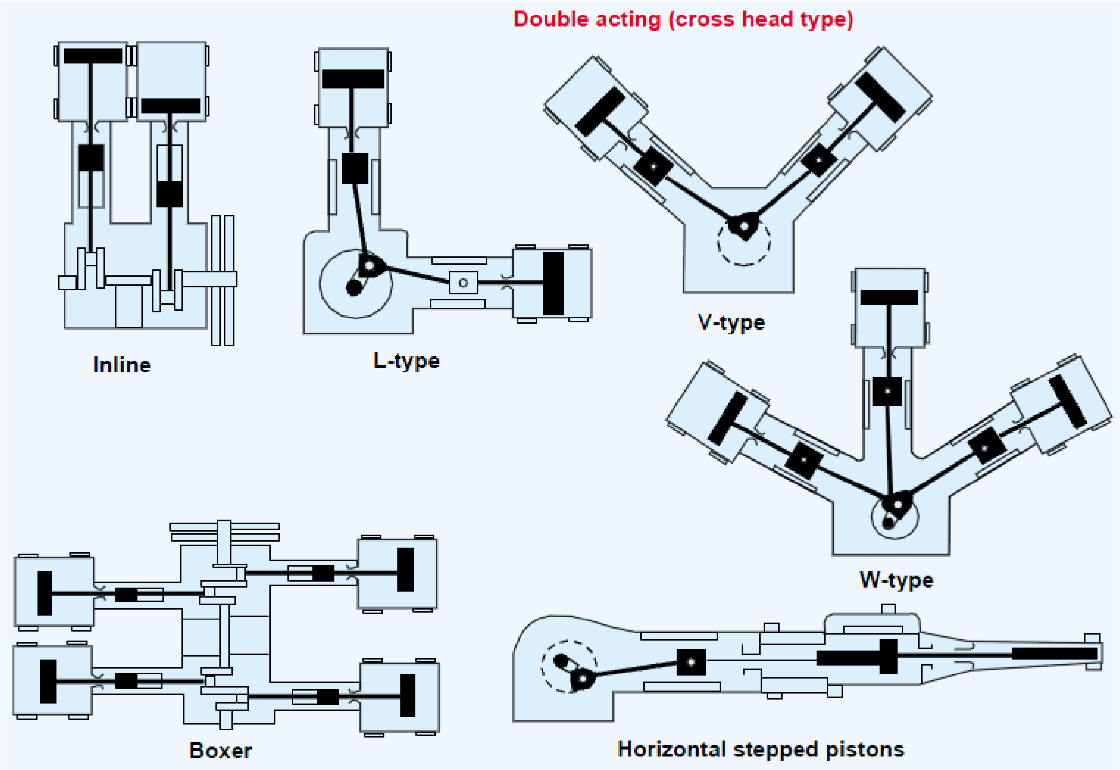

In-line compressors


"V"-shaped

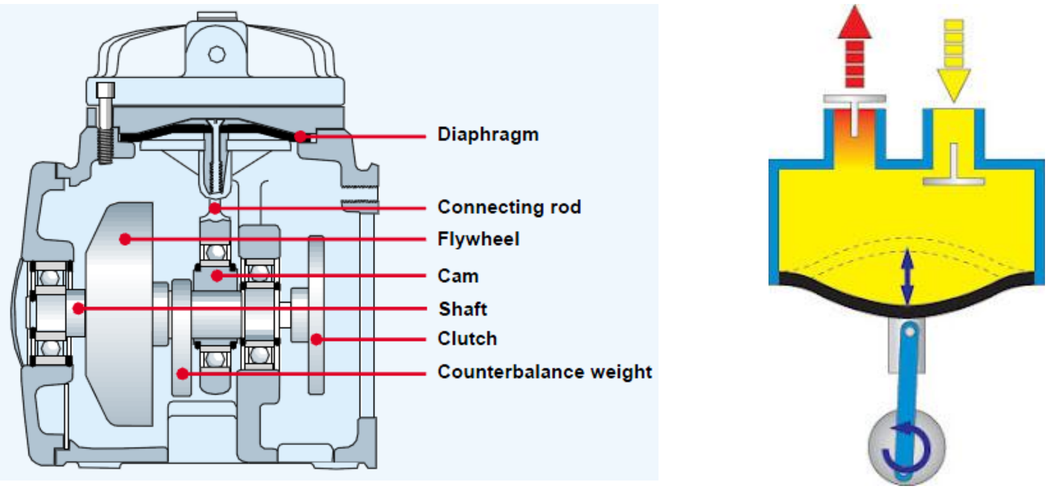
Diaphragm

ပုံ ၄-၈(ခ) Reciprocating air compressor များ

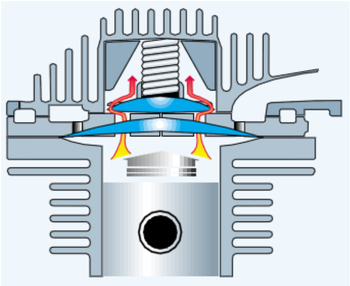
Water cooled system များသည် air cooled system များထက်ပို၍ energy efficient ဖြစ်ကြသည်။ ဖိအားမြင့်မြင့်(high pressure) ရရှိရန်အတွက် two stage ကို အသုံးပြုကြသည်။ Two stage မှထွက်သော discharge air ၏အပူချိန်(temperature)သည် 140°C(401°F) မှ 160°C(320°F) ဖြစ်သည်။ Single stage မှ ထွက်သော discharge air ၏အပူချိန်(temperature)သည် 205°C(284°F) မှ 240°C(464°F) ဖြစ်သည်။ Multi stage compressor များတွင် ဆလင်ဒါ အဝင်နှင့်အထွက်၌ ဖြစ်ပေါ်သည့် ဖိအားကွာခြားချက်(differential Pressure)နည်းလေ့ရှိသောကြောင့် compressor ၏ component များ ဖြစ်ကြသော ဘားများ(valves) နှင့် piston ring များပေါ်တွင် သက်ရောက်သောအား(stress) နည်းသည်။



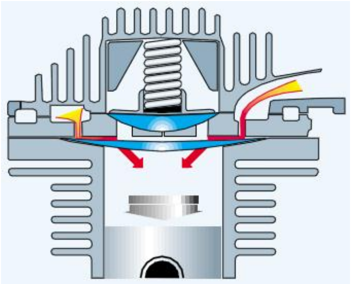
ပုံ ၄-၈(ဂ) Reciprocating air compressor များ



ပုံ ၄-၉ Mechanical diaphragm compressor တစ်ခု၏ ပုံဖြစ်သည်။ Diaphragm လှုပ်ရှားမှု(movement) ကို crankshaft မှ ပြုလုပ်ပေးသည်။ crankshaft နှင့် diaphragm ကို connecting rod ဖြင့် ဆက်ထားသည်။



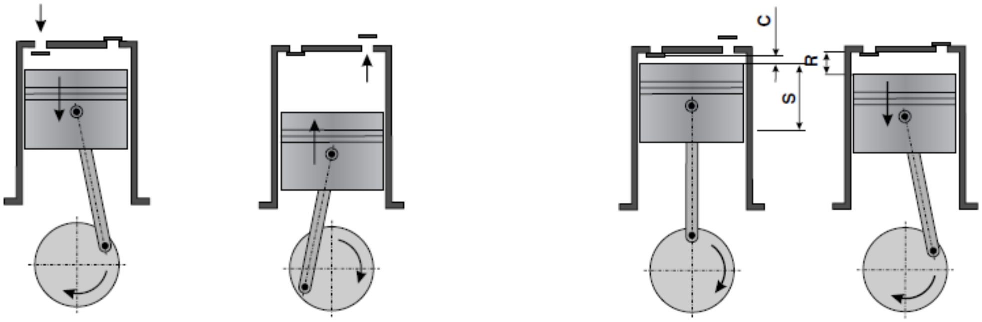
ပုံ ၄-၁၀ Piston ပေါ်သို့တက်လာသည့်အခါ လေများသည် valve seat ရှိ အပေါက်ကလေးများမှ တစ်ဆင့် compressed air ကို ဆလင်ဒါအပြင်ဘက်သို့ တွန်းထုတ်ပစ်လိုက်သည်။



ပုံ ၄-၁၁ Piston အောက်သို့ ဆင်းသွားသည့်အခါ ဆလင်ဒါအတွင်း၌ လေဟာနယ်ဖြစ်ပေါ်ကာ ပြင်ပမှ လေများကို ဆလင်ဒါ အတွင်းသို့ စုပ်ယူလိုက်သည်။

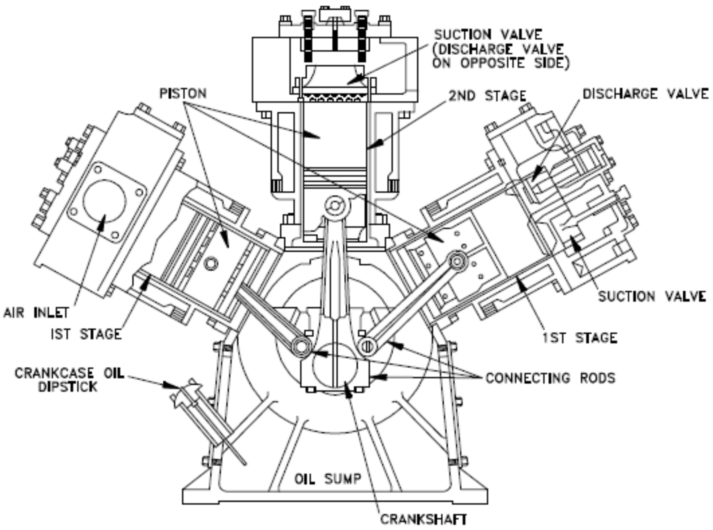
Clearance Area

Clearance area သည် ပင်စတင်(piston) ၏ ထိပ်၌ရှိသော top dead centre နှင့် bottom edge of the valve အကြားတွင်ရှိသော နေရာလွတ် ဖြစ်သည်။



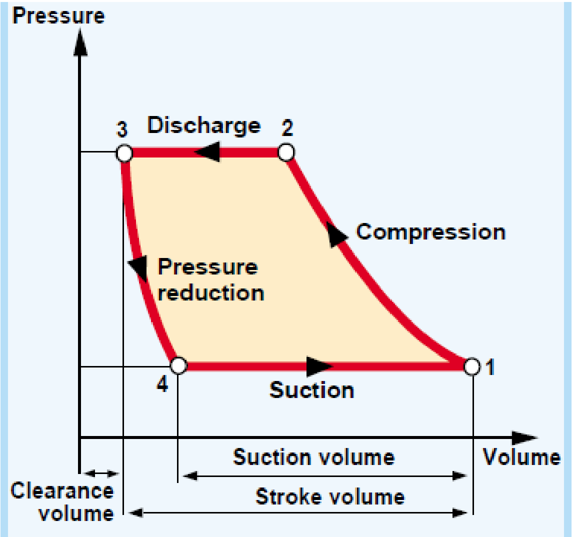
Intake Compression Clearance area

ပုံ ၄-၁၂ C = Clearance area ; S = Stroke ; R = Re-expansion

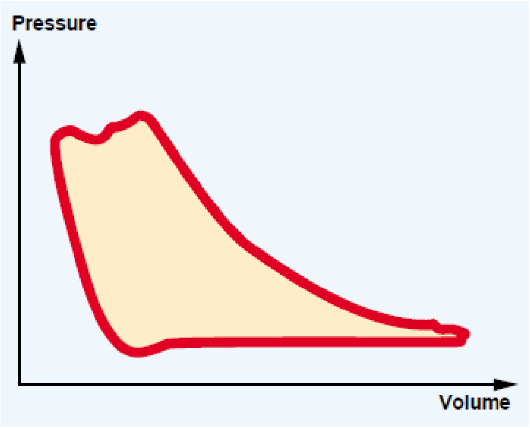


ပုံ ၄-၁၃ Reciprocating Compressor

Single-acting compressor များတွင် ပင်စတင်(piston)သည် stroke ဖြစ်သည့်အခါတွင်သာ အလုပ်လုပ်သည်။(တစ်နည်းအားဖြင့် လေကို ဖိသိပ်သည်။) Double-acting compressorများတွင် piston သည် အသွားနှင့် အပြန် နှစ်ဖက်စလုံးတွင် အလုပ်လုပ်သောကြောင့် ပို၍ efficient ဖြစ်ကြသည်။



ပုံ ၄-၁၄ Theoretical process



ပုံ ၄-၁၅ Actual Pressure/Volume diagram

ထုတ်ပေးနိုင်သည့် လေပမာဏတူလျှင် double-acting compressor သည် single-acting compressor ထက် အရွယ်အစား ပို၍ သေးငယ်သည်။ Double-acting compressor သည် single-acting compressor နှင့် အရွယ်အစားတူလျှင် double-acting compressor သည် လေထုတ်ပေးနိုင်စွမ်း ပိုများသည်။

သို့သော် double-acting compressor သည် ပို၍ လေးလံသည်။ ဈေးကြီးသည်။ လေးလံခြင်း နှင့် unbalanced force များခြင်းတို့ကြောင့် တပ်ဆင်ရန် အလွန်ခိုင်ခံ့သည့် foundation နှင့် support ရှိရန် လိုအပ်သည်။ ပုံ(၄-၁၄)သည် ဖိအား(piston)compressor တစ်လုံး(self-acting valves ပါဝင်သည့်) အလုပ် လုပ်ပုံကို ဖော်ပြထားသည့် Pressure/Volume diagram ဖြစ်သည်။ Theoretical process သာဖြစ်သည်။

ပုံ(၄-၁၅)တွင် Piston compressor တစ်လုံး၏ လက်တွေ့တွင်ဖြစ်နိုင်သည့် actual pressure/ volume diagram ကို ဖော်ပြထားသည်။ အဝင်ဘက်(inlet side)၌ဖြစ်သော ဖိအားကျဆင်းမှု(pressure drop) နှင့် အထွက်ဘက်၌ ဖြစ်သော over pressure ဖြစ်မှုကို ပမာဏ အနည်းငယ်ဖြင့်သာ actual pressure/volume diagram တွင် ဖော်ပြထားသည်။ ဆလင်ဒါ(cylinder)ထဲသို့ လေဖြည့်ခြင်း(filling) နှင့် ထုတ်ပစ်ခြင်း(emptying) တို့ကြောင့် ဖြစ်သော loss များကို ဖော်ပြမထားပေ။

၄.၃.၁ Compression Stage

Air compressor များသည် single stage compression သို့မဟုတ် multiple stages compression ဖြစ်နိုင်သည်။ Discharge pressure သည် 80 psig(5.5 bar) ထက်မြင့်လျှင် multiple stages compressor များအဖြစ် တွေ့မြင်နိုင်သည်။ Multi stage compressor များသည် stage တစ်ခုနှင့် နောက် stage တစ်ခု အကြားတွင် compressed air ကို လေဖြင့်အေးအောင် ပြုလုပ်ထားခြင်းကြောင့် energy efficiency ပိုကောင်းကြသည်။ Stage တစ်ခု နှင့် နောက် stage တစ်ခုအကြား compressed air ထဲတွင်ပါဝင်သည့် ရေငွေ့များ(moisture)ကို ဖယ်ထုတ်နိုင်သည်။

၄.၃.၂ လေကို အဆင့်ဆင့်ဖိသိပ်ခြင်း (Multistage Compression)

Multistage compression များ၏ အားသာချက်များမှာ

(၁) ပထမအဆင့် ဆလင်ဒါ(cylinder)မှ ထွက်ပြီးနောက် ဒုတိယအဆင့် ဆလင်ဒါ(cylinder)တစ်ခု အတွင်းသို့ မဝင်မီ ပြင်ပမှ(external) cooler ဖြင့် compressed air ကို အေးအောင် ပြုလုပ်နိုင်သည်။

(၂) သေးငယ်သည့် flywheel ကိုသာ အသုံးပြုပြီး multi-crank machine ဖြစ်သောကြောင့် တုန်ခါမှုနည်းသည်။

(၃) Mechanical balance ပိုကောင်းသည်။ Uniform torque ရနိုင်သည်။

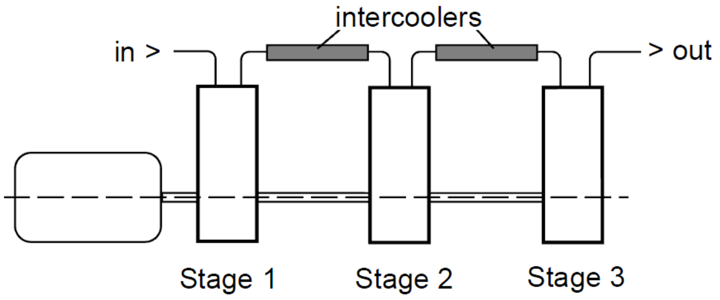
(၄) ဆလင်ဒါ တစ်ခုချင်းစီ၌ ဖိအားနိမ့်(lower pressure)သောကြောင့် volumetric efficiency ပိုများများ ရနိုင်သည်။

(၅) ဖိသိပ်(compress)ရန်အတွက် လိုအပ်သော စွမ်းအား(power)ကို လျှော့ချနိုင်သည်။

(၆) မြန်နှုန်းမြင့်မြင့်(high speed)ဖြင့် မောင်းနိုင်သည်။

(၇) အပူချိန်နိမ့်(working temperature)သောကြောင့် lubrication ပိုကောင်းသည်။

(၈) ပေါ့ပါးသည့် ဆလင်ဒါ(cylinder)များကို အသုံးပြုနိုင်သောကြောင့် လေယိုစိမ့်မှု(leakage) နည်းသည်။



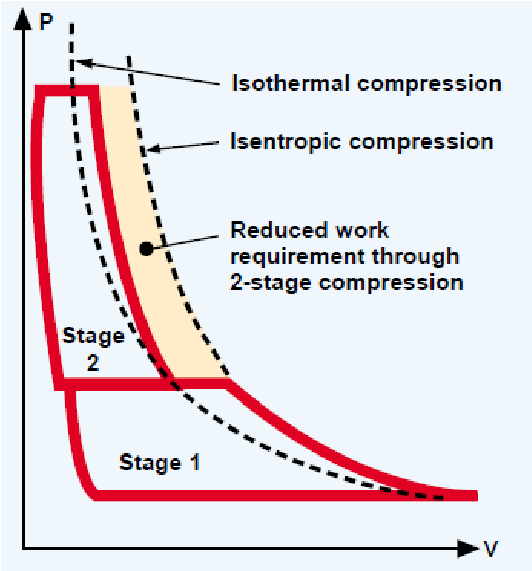
ပုံ ၄-၁၆ Multi Stage Compressor and Inter-coolers

Compressor ၏ capacity (RPM နှင့် volumetric efficiency) လျော့နည်းမသွားစေရန်၊ လိုအပ်သည့် အခါများ၌ high compression ratio ရရှိရန်နှင့် စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု(power input)နည်းစေရန် အတွက် inter-cooling ပြုလုပ်ထားသော multi-staging compressor များကို အသုံးပြုကြသည်။

ပုံမှန်အားဖြင့် အဆင့်များ(stages)အားလုံး၌ မြန်နှုန်း(speed) တူညီကြသည်။ Compressor တစ်ခုလုံး၏ volumetric efficiency သည် ပထမအဆင့်(first stage)မှ volumetric efficiency နှင့် တူညီသည်။ ပထမအဆင့်(first stage)သို့ ဝင်ရောက်လာသည့် လေအပူချိန်နှင့် တခြားသော stage များသို့ ဝင်ရောက်လာသည့် လေအပူချိန်နှင့် တူညီလျှင် အကောင်းဆုံး(perfect) inter-cooling ဖြစ်သည်ဟု ပြောနိုင်သည်။

Stage တစ်ခုစီအတွက် လိုအပ်သည့်(work input)သည် ထို stage တွင် compress လုပ်ရမည့် pressure ratio ပေါ်တွင် မူတည်နေသည်။ Stage များ အားလုံးတွင် air flow တူညီကြသည်။ အဆင့်(stage) တစ်ခုချင်းစီ၌ work input ကို သင့်လျော်အောင်ထားခြင်းဖြင့် compression ratio များကို ညီမျှအောင် ပြုလုပ်နိုင်သည်။

ပုံ(၄-၁၇) တွင် compression ကို အဆင့် နှစ်ဆင့်(two stage)ခွဲ၍ ပြုလုပ်သောကြောင့် shaded area သည် သက်သာသွားသည့် အလုပ်(work saved) ဖြစ်သည်။ Single-stage unit သည် လေအဝင်(inlet)မှ လေထွက်သည့်(discharge) အချိန်အထိ တစ်ဆင့်သာ compress လုပ်သည်။ ယေဘုယျအားဖြင့် 95 psi (6.5bar)ထက် နိမ့်သည့် ဖိအား(pressure range)အတွက် တစ်ဆင့်သာ compress လုပ်ရန်(single stage operation သာလုပ်ရန်) လိုအပ်သည်။



ပုံ ၄-၁၇ Two stages compressor

Multi-stage unit များတွင် လေဝင်(inlet)မှ လေထွက်သည့်(discharge) အချိန်အထိ အဆင့်များစွာ(နှစ်ဆင့်မက) compress လုပ်ရသည်။ တစ်ဆင့်ပြီး(stage)၍ နောက်တစ်ဆင့်သို့ မရောက်ခင် အချိန်တွင် လေကို အအေးခံ နိုင်သောကြောင့် compress လုပ်ရန် လိုအပ်သည့်အလုပ်(work) ပမာဏကို လျှော့ချနိုင်သည်။
ယေဘုယျအားဖြင့် 100 မှ 175 psig (10bar မှ 12bar) ဖိအားအတွင်း လိုအပ်လျှင် two-stage operation ပြုလုပ်ရန် လိုသည်။ Three-stage reciprocating compressor များသည် ဖိအား 250 psig (13.8 bar) အထိ ရောက်အောင် ဖိသိပ် (compress) နိုင်စွမ်း ရှိသည်။

သီအိုရီအရ multiple stage unit များသည် single stage unit များထက် ပို၍ efficient ဖြစ်ကြ သည်။

Drive အမျိုးအစားများ

Air compressor များကို လျှပ်စစ်မော်တာ(electric motor) သို့မဟုတ် အင်ဂျင်(engine) သို့မဟုတ် ရေနွေးငွေ့(steam) သို့မဟုတ် တာဘိုင်(turbine) ဖြင့် မောင်းကြသည်။ စက်မှုလုပ်ငန်း(industrial) များတွင် လျှပ်စစ်မော်တာဖြင့် မောင်းသော air compressor များကို အများဆုံး တွေ့ရလေ့ရှိသည်။

အကြီးစား(heavy-duty)လုပ်ငန်းခွင်များနှင့် လျှပ်စစ်ဓာတ်အားမရနိုင်သည့် သတ္တုတွင်းများ၌ရွှေ့ပြောင်းနိုင်သော(mobile) air compressor များကို ဒီဇယ်အင်ဂျင် သို့မဟုတ် တာဘိုင်(turbine)ဖြင့် မောင်းကြသည်။

၄.၃.၃ Reciprocating Compressor များ၏ အားသာချက်များ နှင့် အားနည်းချက်များ

Single-Acting, Air-Cooled Reciprocating Air Compressors

အားသာချက်များ (Advantages)

(၁) အရွယ်အစား ပေါ့ပါး သေးငယ်သည်။
(၂) လုပ်ငန်းငယ်များ အတွက် အလွန် သင့်လျော်သည်။
(၃) Unloaded အချိန်တွင် စွမ်းအင် အနည်းငယ်သာ သုံးစွဲသည်။
(၄) အသုံးပြုသည့်နေရာအနီးတွင် တပ်ဆင်ထားနိုင်သောကြောင့် ပိုက်တို၍ ဖိအားကျဆင်းမှု နည်းသည်။
(၅) သီးခြား cooling system တပ်ဆင်ထားရန် မလိုအပ်ပေ။
(၆) အသုံးပြုရန် အလွန်လွယ်ကူသည်။
(၇) ဖိအားအမျိုးမျိုးဖြင့် မောင်းနိုင်သည်။
(၈) သာမာန်ရိုးရှင်းသည့် ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းမှုများသာ ပြုလုပ်ရန်လိုသည်။

အားနည်းချက်များ(Disadvantages)

(၁) စက်ဟောင်းလာလျှင် လေထဲသို့ ချောဆီများ ပိုမို ရောက်ရှိ နိုင်သည်။
(၂) အသံဆူညံသည်။
(၃) လည်ပတ်ရန် ကုန်ကျစရိတ်(operating cost)များသည်။
(၄) အချိန်ပြည့်အဆက်မပြတ် မောင်းရန်မဖြစ်နိုင်ပေ။ တစ်နာရီမောင်းပြီးလျှင် တစ်နာရီရပ်နားပေးရန်လိုသည်။
(၅) အသုံးပြုရန်လိုအပ်သည့် ဖိအားထက် ပိုများသည့် ဖိအားဖြင့် receiver ထဲတွင် သိမ်းဆည်း ထားရသည်။ ထိုကဲ့သို့ ပိုမြင့် သည့်ဖိအားသို့ ရောက်အောင် မောင်းရခြင်း ကြောင့် efficient မဖြစ်ပေ။
(၆) ရရှိနိုင်သည့် efficiency သည် 22 မှ 24 kW/100 CFM အတွင်းဖြစ်သည်။
(၇) အလွန်ကြီးမားသော လုပ်ငန်းများအတွက် မသင့်လျော်ပေ။

Double-Acting Water-Cooled Reciprocating Air Compressors

အားသာချက်များ(Advantages)

(၁) Multi-stage compressor များသည် single stage compressor ထက် ပို၍ efficiency ကောင်းသည်။
(၂) လုပ်ငန်းငယ်များအတွက် အလွန် သင့်လျော်သည်။
(၃) Unloaded အချိန်တွင် စွမ်းအင် အနည်းငယ်ခန့်သာ သုံးစွဲသည်။
(၄) အသုံးပြုရန် အလွန် လွယ်ကူသည်။
(၅) ဖိအားအမျိုးမျိုးဖြင့်မောင်းနိုင်သည်။
(၆) Three-step(0%-50%-100%) သို့မဟုတ် five-step(0%-25%-50%75%-100%) စသည့် လေထွက်နှုန်း(capacity)control လုပ်နိုင်သည့်နည်းများကိုသုံးလျှင် part-load efficiency ကောင်းသည်။
(၇) ပုံမှန် ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းမှုများ ပြုလုပ်ရန်လိုသည်။

အားနည်းချက်များ(Disadvantages)

(၁) Rotary air compressor များထက် ပို၍ ဈေးကြီးသည်။
(၂) တပ်ဆင်ရန်အတွက် နေရာကျယ်ကျယ် ရှိရန် လိုအပ်သည်။
(၃) ချောဆီဖြင့် အပူများကို ဖယ်ထုတ်သည့် စက်ဖြစ် သောကြောင့် လေထဲသို့ ချောဆီများ ရောက်ရှိသွား နိုင်သည်။

(၄) တုန်ခါမှု မြင့်မားသောကြောင့် အထူးခိုင်ခံ့သည့် foundation သုံးရန် လိုသည်။
(၅) အသင့်သုံးနိုင်သည့်စက်အစုံအဖြစ်ဝယ်ယူမရနိုင်။ Flywheel ကို အသုံးပြုရန်လိုသည်။
(၆) အထူးကျွမ်းကျင်သူများသာ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခြင်း ပြုလုပ်နိုင်သည်။
(၇) ရရှိနိုင်သည့် efficiency သည် 15 မှ 16 kW/100 CFM(single-stage) အတွင်းဖြစ်သည်။

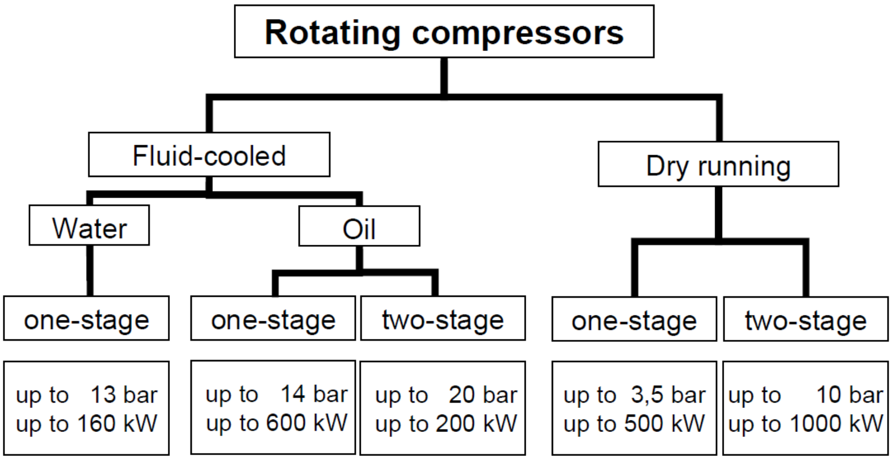
၄.၄ Rotary Air Compressors

Rotary compressor များတွင် piston မပါဝင်ဘဲ အဆက်မပြတ် လည်နေသည့် rotor ပါရှိသည်။ အင်ဂျင် သို့မဟုတ် မော်တာ စသည့် prime mover များဖြင့် တိုက်ရိုက် တွဲ၍ တပ်ဆင်ထားသောကြောင့် reciprocating compressor နှင့် နှိုင်းယှဉ်လျှင် စမောင်းသည့် အချိန်၌ ဖြစ်ပေါ်သော torque အလွန်နည်းသည်။ မြန်နှုန်းမြင့်မြင့် (high speed)ဖြင့် မောင်းနိုင်သောကြောင့် reciprocating compressor နှင့် နှိုင်းယှဉ်လျှင် လေထွက်နှုန်း(air output) များသည်။

Rotary compressor များတွင် အစိတ်အပိုင်း အနည်းငယ်သာ ပါဝင်သောကြောင့် ပျက်စီးနှုန်း(failure rate) နည်းသည်။ သေးငယ်သော foundation သာ လိုအပ်သည်။ တုန်ခါမှု(vibration) အလွန် နည်းသည်။ Rotary compressor များကို အောက်ပါ အတိုင်း ခွဲခြားနိုင်သည်။

(၁) Screw compressor များ
(၂) Vane type compressor များ
(၃) Lobe compressor များ
(၄) Scroll compressor များ ဖြစ်ကြသည်။

Rotary air compressor များသည် positive displacement compressor များဖြစ်ကြသည်။ အသုံးများသည့် rotary air compressor များ၏ အရွယ်အစားသည် 5HP မှ 900 HP အတွင်းဖြစ်ကြသည်။ Rotary screw compressor များကို lubricated အမျိုးအစား အဖြစ် လည်းကောင်း၊ ချောဆီကင်းမဲ့သည့် dry (oil free) အမျိုးအစား အဖြစ်လည်းကောင်း လေသန့်စင်မှု လိုအပ်ချက်အပေါ် မူတည်၍ ရွေးချယ် တပ်ဆင်ကြသည်။

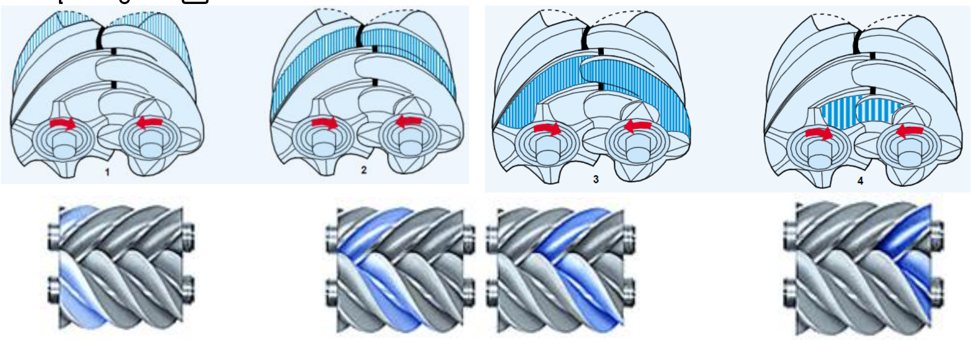


ပုံ ၄-၁၈ screw compressor များ ထုတ်ပေးနိုင်သည့်ဖိအားများ(Pressure ranges)

Rotary Screw Compressor အလုပ်လုပ်ပုံ

လေစုပ်ယူခြင်း - Intake(1)

လေများသည် လေဝင်ပေါက်(inlet aperture)မှတဆင့် လည်နေသည့်(rotor) screw အသွားများဆီသို့ ဝင်ရောက်သွားသည်။



ပုံ ၄-၁၉ Intake (1)   Compression (2) + (3)   Discharge (4)

လေဖိသိပ်ခြင်း Compression (2) + (3)

Rotor လည်နေသောကြောင့် လေဝင်ပေါက်(inlet aperture) ပိတ်သွားပြီး၊ အသွားများ အကြားရှိ နေရာ၏ထုထည် တဖြည်းဖြည်း ကျဉ်းလာပြီး ဖိအားမြင့် တက်လာသည်။ ထိုအချိန်တွင် lubricated compressor ဖြစ်လျှင် ထိုအချိန်တွင် ချောဆီများကို ထည့်ပေးရသည်။

လေထုတ်ခြင်း Discharge (4)

လေဖိသိပ်ခြင်း(compression) ပြီးမြောက်သည်။ ဖိအားမြင့်သည့် လေများ လေထွက်ပေါက်(discharge port) မှ တစ်ဆင့် distribution ပိုက်များ အတွင်းသို့ ရောက်သွားသည်။

၄.၄.၁ Oil - Cooled Rotary Helical Screw Compressors

22 CFM မှ 3,100 CFM အထိ လေပမာဏ လိုအပ်လျှင် ချောဆီဖြင့်အေးစေသည့်(oil cooled) rotary helical screw compressor များကို အသုံးပြုကြသည်။ Helical ပုံသဏ္ဍာန် screw ကို အသုံးပြုထားသောကြောင့် helical screw compressor ဟုခေါ်ခြင်း ဖြစ်သည်။ ဖိအား150 မှ 400 psia ရရန် အတွက် two-stage rotary-screw compressor ကို အသုံးပြုကြသည်။ အဆင့်နှစ်ဆင့်(two stage) ဖြစ်သောကြောင့် အဆင့်(stage) တစ်ခုစီတွင် compression ratio နည်းကြသည်။

ထို့ကြောင့် rotor ၏ အဝင်နှင့်အထွက်တွင် ဖိအားခြားနားမှု(pressure differential across the rotor) နည်းသောကြောင့် thrust-bearing တွင် ထမ်းထားရသည့် ဝန်ပမာဏ လျော့နည်းသည်။ Two-stage unit တွင် လေဝင်ပေါက် နှင့် လေထွက်ပေါက် နှစ်ပေါက် ပါရှိရန် လိုအပ်သောကြောင့် ဈေးကြီးသည်။ Lubricated compressor များ၌ ချောဆီများကို လေထဲသို့ဝင်ရောက်စေပြီး လေကို ဖိသိပ်သောကြောင့်ဖြစ်ပေါ်လာသော အပူ (heat of compression)ကို ချောဆီက စုပ်ယူသွားသည်။ ထို့ကြောင့် ချောဆီ၏ အပူချိန် မြင့်တက်လာသည်။ (တစ်နည်းအားဖြင့် ပူလာသည်။)

ထို့နောက် ပူလာသောချောဆီကို heat exchanger အတွင်း၌ လေ(air) သို့မဟုတ် ရေ(water)ဖြင့် ပြန်၍ အေးစေသည်။ Compressor အတွင်း၌သာ အေးစေသောကြောင့် လေကိုပူစေမည့် နေရာမရှိနိုင်ပေ။ ထို့ကြောင့် oil cooled rotary-screw compressor များကို အမြင့်ဆုံးဝန်(maximium load) နှင့် အမြင့်ဆုံး ဖိအား(pressure)ဖြင့် (၂၄)နာရီပတ်လုံး အဆက်မပြတ် မောင်းနိုင်သည်။ အနားပေးရန် မလိုပေ။

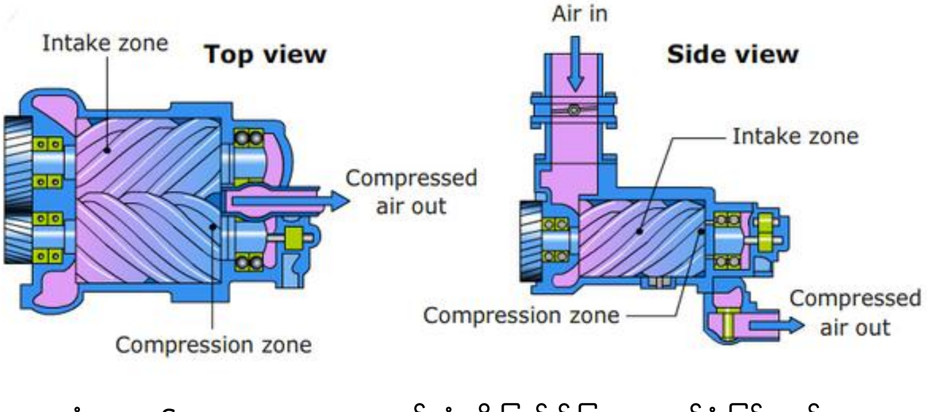
တစ်ခြားသော continuous-duty air compressor များ ဖြင့် နှိုင်းယှဉ်လျှင် oil - cooled rotary-screw Compressor ၏ အားသာချက်များ မှာ

(၁) ချောဆီဖြင့် အေးစေ(oil cooling)သောကြောင့် compressorအတွင်းရှိ အပူချိန်(internal temperature)ကို အနိမ့်ဆုံးဖြစ်အောင် ထိန်းထားနိုင်သည်။ တစ်ခြားသော compressor များ ဖြင့် နှိုင်းယှဉ်လျှင် အထွက်လေ(discharge air)၏ အပူချိန် အလွန်နိမ့်သည်။ အထွက်လေ(discharge air)၏ အပူချိန်သည် လေထု အပူချိန်ထက် 180°F(82°C) ပိုများသည်။ တခြားသော compressor အမျိုးအစားများမှ ထွက်သောလေများသည် ထိုအပူချိန် ထက်ပို၍ မြင့်မားကြသည်။ အထွက်လေ(discharge air)သည် အလွန် သန့်ရှင်းသည်။ မီးလောင်ထားသည့် ချောဆီများနှင့် ကာဗွန်များ မပါဝင်ပေ။

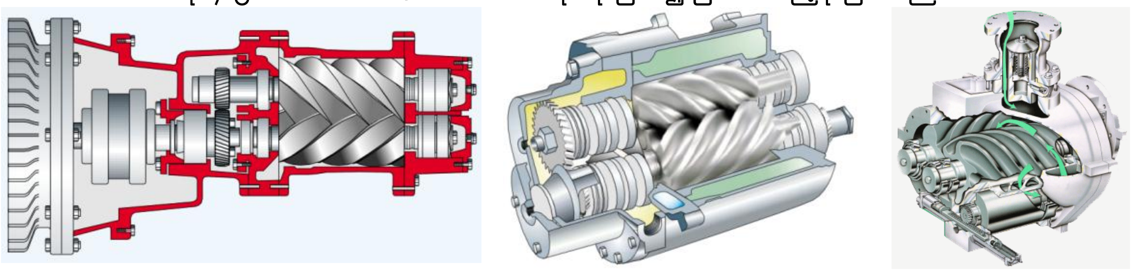
(၂) Rotary အမျိုးအစား ဖြစ်သောကြောင့် မြန်နှုန်း(speed) များသည်။ အထူးသဖြင့် အရွယ်အစား ကြီးသည့် compressorများ၌ ပိုမြန်သည့် speed ကို ရနိုင်သည်။ နေရာယူသည့် ပမာဏချင်း နှိုင်းယှဉ်လျှင် သေးငယ်သည့်နေရာ၌ လေများများထုတ်ပေး နိုင်သည်။ ထို့ကြောင့် foundation အတွက် နေရာကျဉ်းကျဉ်း နှင့် စက်ခန်းနေရာ အနည်းငယ်သာ လိုအပ်သည်။

(၃) အရွယ်အစား သေးငယ်သည့်အပြင် ဆူညံသံ ဖြစ်ပေါ်မှုလည်း နည်းသည်။ လျှပ်စစ်မော်တာဖြင့် မောင်းသော compressor ကို တစ်မီတာအကွာ အကွာအဝေးမှ တိုင်းလျှင် 75 dBမှ 85 dB ခန့်သာရှိသည်။ ရွေ့လျားနေသည့် အစိတ်အပိုင်းများ ပါဝင်မှု နည်းသောကြောင့် ထွက်သည့် အပူပမာဏ နည်းသည်။ တစ်နည်းအားဖြင့် ထွက်လာသည့် လေ၏ အပူချိန် နိမ့်သည်။ စက် တုန်ခါမှု(vibration)နည်းသည်။

(၄) အစိတ်အပိုင်း အနည်းငယ်သာ ပါဝင်သောကြောင့် အပိုပစ္စည်း(spare part)အနည်းငယ်ကိုသာ သိမ်းထားရန် လိုသည်။ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းမှုများ ပြုလုပ်လုပ်ရန် လွယ်ကူသည်။ အမြဲမောင်းနေရန် လိုအပ်သည့် load ကို "Base Load" ဟုခေါ်သည်။ Rotary compressor အမျိုးအစားများသည် base load ကို မောင်းရန် အကောင်းဆုံး ဖြစ်သည်။



ပုံ ၄-၂၀ Screw compressor တစ်လုံးကို ဖြတ်၍ ပြထားသည့်ပုံ ဖြစ်သည်။

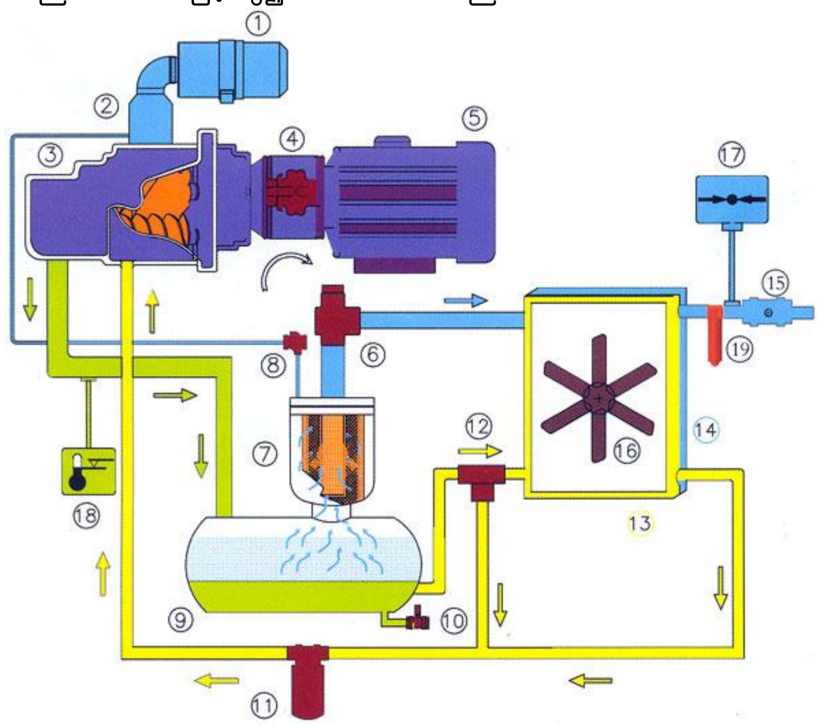


ပုံ ၄-၂၁ Screw compressor များ၏ အတွင်းပိုင်းကို ဖော်ပြထားပုံ

အောက်တွင် Rotary screw compressor တစ်လုံး၏ schematic diagram ကိုဖော်ပြထားသည်။

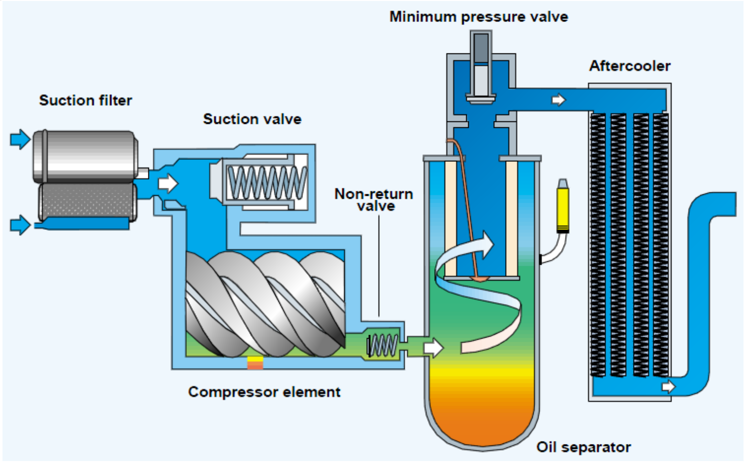
Male rotor နှင့် female rotor ကို water-cooled compressor အုံ(housing) ထဲတွင် တပ်ဆင်ထားသည်။ Gearbox ဖြင့် တွဲ၍ တပ်ဆင် ထားသည်။

ပုံ ၄-၂၂

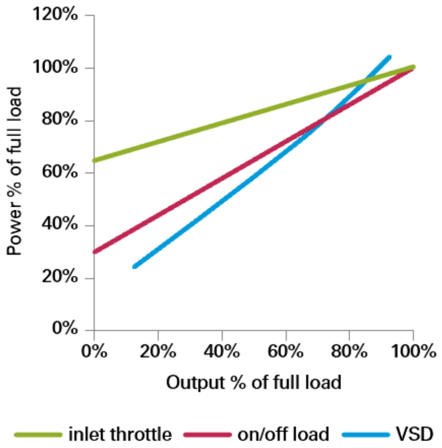


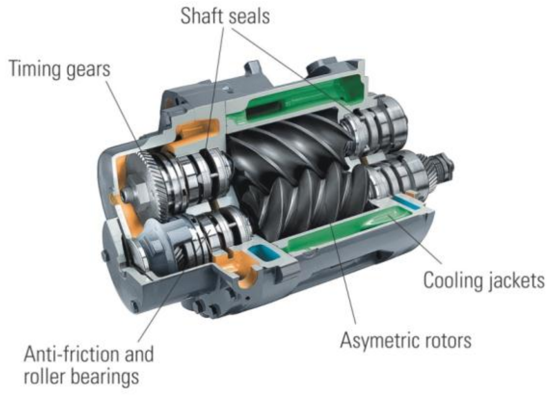
1. Air filter	2. Intake valve	3. Airend
4. Coupling	5. Motor	6. Minumum pressure valve
7. Separator elemet	8. Blow down valve	9. Receiver tank
10. Ball valve - drain	11. Oil filter	12. Thermal valve
13. Oil cooler	14. Aftercooler	15. Ball valve - service line
16. Fan	17. Pressure transmitter	18. Temperature sensor
19. Moisture separator		

၄.၄.၂ Non - Lubricated Rotary Screw



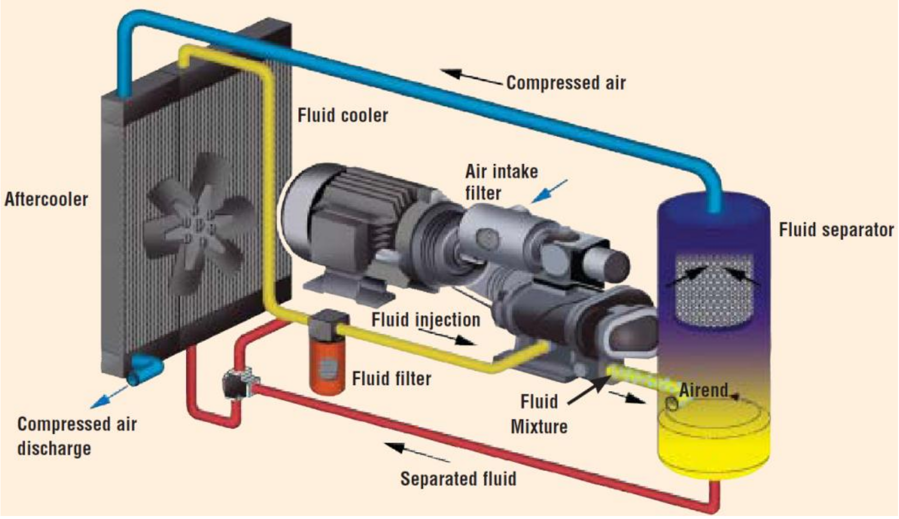
ပုံ ၄-၂၃ Oil injected screw compressor တစ်လုံး၏ အဓိက အစိတ်အပိုင်းများ





ပုံ၄-၂၄ Rotary screw compressorကို နည်းသုံးမျိုးဖြင့်controlလုပ်လျှင်ဖြစ်ပေါ်နိုင်သည့်characteristic များ

Non-lubricated rotary screw များကို "clearance-type" compressor များအဖြစ် သတ်မှတ် ခေါ်ဆိုကြသည်။ အဘယ်ကြောင့်ဆိုသော် အတွင်းရှိ အစိတ်အပိုင်းများ(internal parts)သည် တစ်ခုနှင့် တစ်ခု ထိတွေ့ခြင်း မရှိသောကြောင့် ဖြစ်သည်။ Compression chamber အတွင်း၌ ဂီယာ(Gear)ဖြင့် ချိတ်ဆက်မောင်းနှင်သည်။ Compression chamber အတွင်း၌ ချောဆီ(lubrication oil) ထည့်ပေးရန် မလိုအပ်ပေ။ Cylinder နံရံများကို water jacket မှ ရေများ ဖြန်းပေးခြင်းဖြင့် အေးစေသည်။ 400 CFM မှ 12,000 CFM ထုတ်ပေးနိုင်သည့် oil-free rotary helical screw compressor များကို ဈေးကွက်တွင် ရရှိနိုင်သည်။



ပုံ ၄-၂၅ Screw compressor တစ်လုံး၏ အဓိက အစိတ်အပိုင်းများ နှင့် အလုပ်လုပ်ပုံကို ဖော်ပြထားသည်။

၄.၄.၃ Screw Compressor များ၏ အားသာချက်များ နှင့် အားနည်းချက်များ

Lubricant-Injected Rotary Screw Compressors

အားသာချက်များ (Advantages)

(၁) အရွယ်အစား သေးငယ်သည်။ စက်တစ်စုံ အဖြစ် ဝယ်ယူနိုင်သည်။

(၂) Compressor တန်ဖိုး ဈေးသက်သာသည်။

(၃) တုန်ခါမှုမရှိ(Vibration-free) သောကြောင့် အထူးခိုင်ခံသည့် foundation သုံးရန်မလို။

(၄) System demand နှင့် ကိုက်ညီသည့် part-load capacity control လုပ်နိုင်သည်။ ဆီလဲခြင်း၊ ဆီစစ်များလဲခြင်း စသည့် ပုံမှန် ပြုပြင် ထိန်းသိမ်းမှုများ ပြုလုပ်ရန် လိုသည်။

(၅) Oil flooded(continuous inter-cooling) စက်များသည် efficiency ကောင်းလေ့ ရှိသည်။

(၆) ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခ သက်သာသည်။

(၇) ရပ်နားရန် မလိုပဲ အချိန်ကြာမြင့်စွာ အဆက်မပြတ် မောင်းနိုင်သည်။

(၈) ဆူညံသံ နိမ့်သည်။

အားနည်းချက်များ (Disadvantages)

(၁) Full နှင့် part-load ဖြင့်မောင်းသည့်အခါ water-cooled reciprocating air compressor များလောက် efficiency မကောင်းပေ။

(၂) လေထဲသို့ ချောဆီများ ရောက်ရှိ ရောနှောသွားသောကြောင့် ဆီများကို ပြန်ခွဲထုတ်ရန် air/lubricant separator ကိုအသုံးပြုရသည်။

(၃) ရရှိနိုင်သည့် efficiency သည် 18 မှ 19 kW/100 CFM (single-stage အတွက်) အတွင်းဖြစ်သည်။ Two-stage compressor များ၏ efficiency သည် 16 မှ 17 kW/100 CFM အတွင်းဖြစ်သည်။

(၄) Unloaded အချိန်၌ full load power ၏ ၄၀% မှ ၉၀% အထိ စွမ်းအင်သုံးစွဲသည်။

(၅) အလယ်အလတ် load များအတွက်သာ သင့်လျော်သည်။

Lubricant-Free Rotary Screw Air Compressors

အားသာချက်များ (Advantages)

(၁) Compressor ၊ dryer ၊ receiver စသည်တို့ အပြည့်အစုံ ပါဝင်သည့် စက်တစ်စုံအဖြစ် ဝယ်ယူနိုင်သည်။

(၂) ချောဆီကင်းသော လေများ(lubricant-free air) ရနိုင်သည်။

(၃) အလွန်ခိုင်ခံ့သော foundation များ သုံးရန် မလိုပေ။

(၄) ဆူညံသံ နိမ့်သည်။

(၅) ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခ သက်သာသည်။

(၆) ရပ်နားရန်မလိုပဲ အချိန်ကြာမြင့်စွာ အဆက်မပြတ် မောင်းနိုင်သည်။

အားနည်းချက်များ(Disadvantages)

(၁) ချောဆီသုံးသည့် အမျိုးအစား(lubricant-injected type)ထက် ပို၍ ဈေးကြီးသည်။

(၂) ချောဆီသုံးသည့် အမျိုးအစား(lubricant-injected type)ထက် ပို၍ efficiency ညံ့သည်။

(၃) အကန့်အသတ်ဖြင့်သာ Load/Unload နည်း သို့မဟုတ် VSD ဖြင့် capacity control လုပ်နိုင်သည်။

(၄) ချောဆီသုံးသည့် အမျိုးအစား(lubricant-injected type) ထက် ပြုပြင် ထိန်းသိမ်းခ ကုန်ကျစရိတ် ပိုများသည်။

(၅) ရရှိနိုင်သည့် efficiency သည် 18 မှ 22 kW/100 CFM အတွင်း ဖြစ်သည်။(100 CFM ရရန် စွမ်းအင် 18 kW မှ 20 kW သုံးစွဲလိမ့်မည်။)

(၆) Unloaded အချိန်၌ full load power ၏ ၄၀% မှ ၉၀% အထိ စွမ်းအင် သုံးစွဲသည်။

(၇) အလယ်အလတ် load များအတွက်သာ သင့်လျော်သည်။

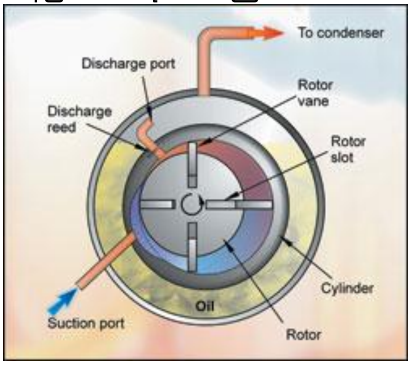
၄.၅ Sliding Vane Rotary Compressors

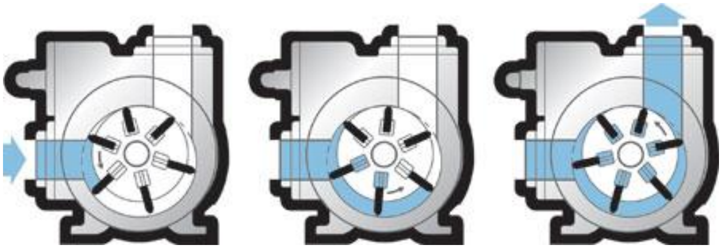
၄.၅.၁ Vane Compressors

Vane compressor များကို အထူးပြုလုပ်ထားသည့် cast alloy များဖြင့်ပြုလုပ်ကြသည်။ Vane compressor များ အားလုံးနီးပါးသည် oil lubricated အမျိုးအစား ဖြစ်ကြသည်။ Radial direction အတိုင်း ရွေ့လျားနိုင်သော blade များ ပါရှိသည့် rotor ကို stator husing အတွင်း၌ တပ်ဆင်ထားသည်။ Rotor လည်သည့်အခါ vane များကို ဖိသွင်းသကဲ့သို့ ဖြစ်သွားပြီး rotor နှင့် stator အကြားရှိ air pocket ၏ ထုထည်ကျဉ်းသွားပြီး အတွင်းရှိ ပိတ်မိနေသည့် လေသည် ဖိအား မြင့်တက်လာသည်။ ထို့နောက် vane သည် လေထွက်ပေါက်(outlet port)ကို ဖြတ်ကျော်သွားသည့်အခါ compressed air များ ထွက်သွားသည်။

Sliding vane rotary compressor များသည် လည်ပတ်နေသည့် vane များအကြားတွင် လေများ ပိတ်မိနေပြီး၊ vane များ တစ်ပတ်ပြည့်အောင် လည်မိချိန်တွင် vane အကြားရှိ နေရာသည် တဖြည်းဖြည်း သေးငယ်လာပြီး လေဖိအားလည်း တဖြည်းဖြည်း မြင့်တက်လာသည်။

နောက်ဆုံး ထွက်ပေါက်သို့ရောက်ချိန်၌ လေဖိအားသည် အလိုရှိသည့် discharge pressure သို့ ရောက်သွားသည်။ ချောဆီများ(lubricant)ကို လေပေါ်သို့ဖြန်းပေးခြင်းဖြင့် အပူများ(heat of compressoion) ကို ဖယ်ထုတ်ပစ်သည်။ ချောဆီ(lubricant)သည် vane ထိပ်ဖျား၌ လွတ်နေသည့်နေရာများကိုလည်း seal အနေဖြင့် ပိတ်ဆို့ပေးသည်။





ပုံ ၄-၂၆ Sliding vane rotary compressor အလုပ်လုပ်ပုံ

Sliding vane rotary compressor များမှ လေထုထည် 3,000 CFM ခန့် ထုတ်ပေးနိုင်သည်။ ထို compressor များကို oil injected အမျိုးအစား၊ oil- flooded အမျိုးအစား နှင့် oil-free type အမျိုးအစားများ အဖြစ် ရရှိနိုင်သည်။ မောင်းရန် ကုန်ကျစရိတ်နည်းခြင်း နှင့် တုန်ခါမှုမရှိခြင်းတို့သည် အားသာချက်များ ဖြစ်သည်။ အသုံးပြုသည့် နေရာတွင် foundation မရှိပဲ တပ်ဆင်နိုင်သည်။

Variable Speed Drive(VSD) နည်း၊ Load/Unload နည်း၊ adjustable rotor length နည်း နှင့် throttling လုပ်ခြင်းနည်း များဖြင့် vane rotary compressorများကို control လုပ်နိုင်သည်။

Variable speed drive နည်း	Part load တွင် efficient အဖြစ်ဆုံး ဖြစ်သည်။
Load/unload နည်း	Part load တွင် efficient ဖြစ်သည်။
Adjustable rotor length နည်း	Part load တွင် efficient အနည်းငယ် ဖြစ်သည်။
Throttling လုပ်ခြင်းနည်း	Part load တွင် efficient သိပ်မဖြစ်ပါ။

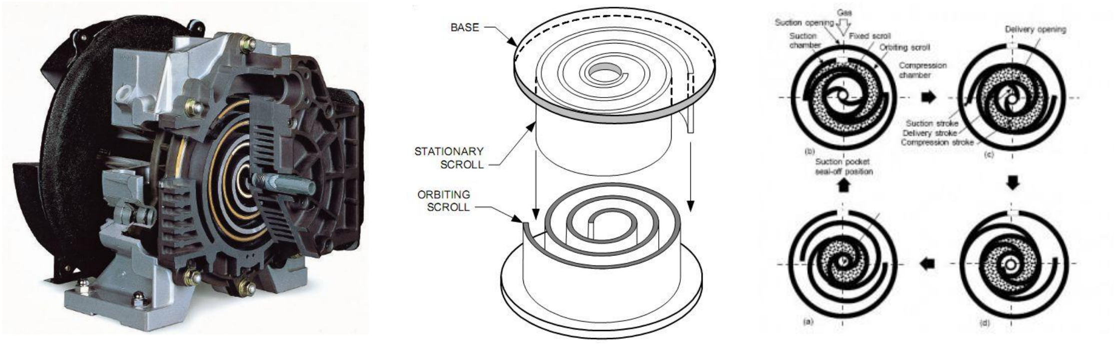
Rotary positive displacement compressor များသည် reciprocating compressor ထက် ပို၍ သေးငယ်ပြီး၊ ပို၍ ဆူညံသံ နည်းသည်။ တပ်ဆင်ရန်နေရာ(footprint) အနည်းငယ်သာ လိုသည်။ Screw compressor များ၏ အဓိက အားသာချက်သည် မရပ်နားပဲ အဆက်မပြတ် မောင်းနိုင်သည်။ Reciprocating compressor များကို 60% duty cycle ထက် ပိုများသည့် duty cycle ဖြင့် မောင်းရန် မဖြစ်နိုင်ပေ။

Two-stage rotary compressor များသည် single-stage reciprocating compressor များထက်ပို၍ efficient ဖြစ်သည်။ သို့သော် two-stage၊ double-acting reciprocating compressor များ၏ efficiency လောက် မကောင်းပေ။ Rotary compressor များ ၏ အားနည်းချက်သည် part load ဖြင့်မောင်းလျှင် efficiency သိသိသာသာ ကျဆင်းသွားသည်။ Part load တွင် reciprocating compressor များကို ယှဉ်၍ မရနိုင်ပေ။

၄.၆ Scroll Compressors

Scroll compressor သည် oil free(dry) အမျိုးအစား displacement compressor ဖြစ်သည်။ လေထုထည်(volume)ကို လျော့နည်း သွားအောင် ပြုလုပ်ခြင်းဖြင့် ဖိအား များစေသည်။ Scroll compressor တွင် ရွေ့လျားနေသည့် spiral နှင့် မရွေ့လျားနိုင်သည့် spiral ဟူ၍ spiral နှစ်ခု ပါရှိသည်။ တစ်ခုနှင့်တစ်ခု 180° phase displacement ဖြစ်အောင် ပြုလုပ်ထားသောကြောင့် လေ၏ ထုထည်နည်းခြင်း များခြင်းဖြစ်ပေါ်သည်။ Scroll compressor များသည် radial stability ကောင်းသည်။ Air pocket အတွင်းရှိ ဖိအားခြားနားချက် (pressure difference)သည် intet နှင့် outlet ရှိ ဖိအားခြားနားချက်(pressure difference)ထက် ပိုနည်းသောကြောင့် လေယိုစိမ့်မှု(leakage) နည်းသည်။ ရွေ့လျားနိုင်သည့် spiral ကို crank shaft မှ တစ်ဆင့် မောင်းပေးသည်။

Scroll compressor များသည် မောင်းသည့်အခါ အလွန်ငြိမ်သက်သည်။ ဆူညံသံ နည်းသည်။ တုန်ခါမှု (vibration) လုံးဝ မရှိပေ။ Torque ပြောင်းလဲခြင်း(variation) မရှိသလောက် နည်းသည်။



ပုံ ၄-၂၇ Scroll compressorတစ်လုံး၏အတွင်းပိုင်းရှိ element များ၏ အလုပ်လုပ်ပုံကို ဖော်ပြထားသည်။

၄.၆.၁ Scroll Compressor များ၏ အားသာချက်များ နှင့် အားနည်းချက်များ

အားသာချက်များ

(၁) ဆူညံသံ အလွန်တိတ်ဆိတ်သည်။

(၂) အရွယ်အစား သေးငယ်သည်။

(၃) ရိုးရှင်းသည့် ဒီဇိုင်းဖြစ်သည်။ ရွေ့လျားနေသည့် အစိတ်အပိုင်းများ မပါဝင်ပေ။

(၄) ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းမှု အနည်းငယ်သာလိုသည်။

(၅) ချောဆီကင်းသည့် ဒီဇိုင်းဖြစ်သည်။(Oil-free design)

အားနည်းချက်များ

(၁) လေထွက်နှုန်း(capacity)နည်းသည့် စက်များသာ ရနိုင်သည်။

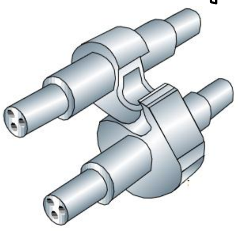
(၂) အခြား compressor များနှင့် နှိုင်းယှဉ်လျှင် ဈေးကြီး သည်။

(၃) စက်တစ်စုံတစ်ခု ချွတ်ယွင်းလျှင် သို့မဟုတ် ပျက်လျှင် ပြုပြင်ရန် မဖြစ်နိုင်။

(၄) ထွက်လာသည့် လေများ အလွန်အပူသည်။ အပူချိန် အလွန်မြင့်သည်။

၄.၇ Tooth Compressors

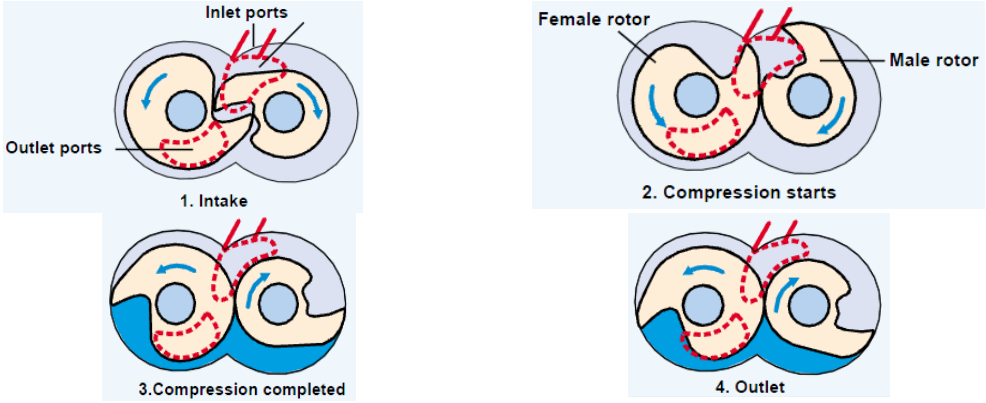
Tooth compressor ၌ compression chamber အတွင်း၌ လည်နေသည့် rotor နှစ်ခု ပါရှိသည်။ tooth compressor များသည် အဆင့် သုံးဆင့်ဖြင့် လေကိုဖိသိပ်(compress လုပ်)ကြသည်။



ပုံ ၄-၂၈

လေကိုစုပ်ယူခြင်း(intake)၊ ဖိသိပ်ခြင်း(compression) နှင့် ထုတ်ပစ်ခြင်း(outlet) တို့ ဖြစ်သည်။ Intake အဆင့်တွင် လေကို စုပ်ယူပြီး compression chamber အတွင်း၌ ပိတ်မိသွားအောင် ပြုလုပ်သည်။ Compression အဆင့်၌ rotor သည် လည်နေသောကြောင့် လေထုထည်(volume) တဖြည်းဖြည်း နည်းသွားပြီး ဖိအား များလာသည်။ Outlet အဆင့်တွင် ဖိသိပ်ပြီးသားလေကို ထုတ်ပစ်သည်။ ထို့နောက် လေများကို ထပ်မံ စုပ်ယူခြင်းဖြင့် စတင်ပြန်သည်။ Rotor မှ channel ကိုဖွင့်ပေးပြီး Compressed Air များကို compressor chamber မှ ထွက်သွားစေ သည်။

Rotor နှစ်ခုကို ဂီယာဖြင့် ဟန်ချက်ညီအောင် ပြုလုပ်ထားသည်။ အများဆုံးရရှိနိုင်သည့် compression ratio သည် 4.5 ဖြစ်သည်။ ပိုမြင့်သည့် ဖိအား(pressure) ရရှိရန်အတွက် multi stage compressor ကိုအသုံးပြုနိုင်သည်။

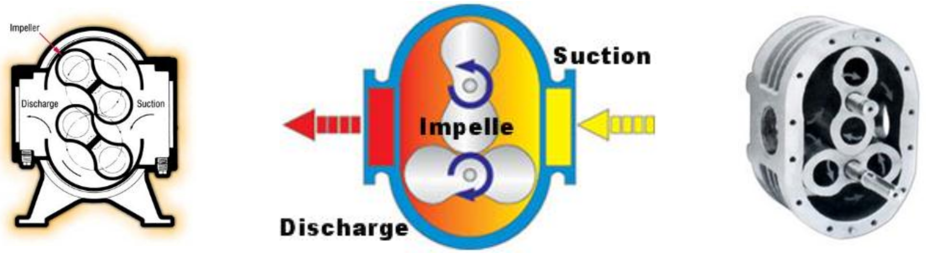


ပုံ ၄-၂၉ Tooth compressor ၏ compression ပြုလုပ်ပုံအဆင့်အဆင့်ကိုဖော်ပြထားသည်။

၄.၈ Lobe Compressors

Lobe compressors များကို "clearance-type" compressors များအဖြစ်သတ်မှတ်ခေါ်ဆိုကြသည်။

ပုံ ၄-၃၀



Lobe compressor များ၏ impeller များသည် တစ်ခုနှင့်တစ်ခု မောင်းခြင်း(drive)မရှိပဲ gear arrangementဖြင့်သာ မောင်းနှင်ကြသည်။ Compressor အတွင်းရှိ drive system ဖြစ်သော rotor နှင့် lobe တို့ အချက်ကျကျ ဟန်ချက်ညီညီ အလုပ်လုပ်နေအောင် timing gear က ဆောင်ရွက်ပေးကြသည်။

ချောဆီ(lubricant)များ bearing နှင့် gear အနီးနေရာတွင်သာရှိနေစေရန် နှင့် compression chamber အတွင်းသို့ မဝင်ရောက်စေရန် အတွက် ကာရံပေးထားရသည်။ End cover နှင့် rotor အကြားရှိ လွတ်နေသည့် နေရာ၏ အကွာအဝေး(clearance)သည် အလွန် အဓိကကျသည်။ 100 မှ 500 CFM ထုတ်ပေး နိုင်သည့် oil-free rotary lobe compressor များကို ဈေးကွက်တွင် ရရှိနိုင်သည်။

၄.၉ Liquid Ring Compressors

Liquid ring compressor များသည် displacement compressor များဖြစ်ကြသည်။ Rotor ပေါ်တွင် blade များကို အသေ တပ်ဆင်ထားသည်။ Rotor ကို housing ထဲ၌ eccentrically တပ်ဆင် ထားသည်။ Housing ထဲတွင် ချောဆီများဖြင့် ပြည့်နေသည်။ Blade wheel အကြား၌ရှိသော ထုထည်(volume)သည် cyclically ပြောင်းလဲ နေသည်။

၄.၁၀ Dynamic Compressors

Roto-dynamic compressor များကို အောက်ပါအတိုင်း ခွဲခြားနိုင်သည်။

(၁) Centrifugal compressors နှင့်

(၂) Axial flow compressors တို့ဖြစ်သည်။

Dynamic compressor များကို axial ဒီဇိုင်းနှင့် radial ဒီဇိုင်းဟူ၍ နှစ်မျိုး ခွဲခြားနိုင်သည်။ Radial ဒီဇိုင်းကို turbo သို့မဟုတ် radial turbo ဟုလည်းခေါ်ကြသည်။ Axial ဒီဇိုင်းကို centrifugal compressor ဟုလည်း ခေါ်ကြသည်။

Dynamic compressor များသည် ဖိအား ပုံသေ(constant pressure) ထုတ်ပေးနိုင်သည်။ Displacement compressor များသည် လေထွက်နှုန်း ပုံသေ(constant flow) ထုတ်ပေးနိုင်သည်။

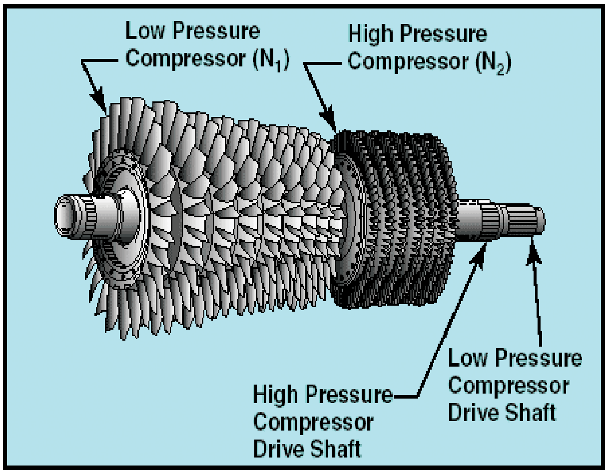
Dynamic compressor များ၏ စွမ်းဆောင်ရည်(performance)သည် ပြင်ပအခြေအနေများ ပေါ်တွင် မူတည်သည်။ အဝင်ဖိအား(inlet pressure)အနည်းငယ် ပြောင်းလဲရုံဖြင့် လေထွက်နှုန်း(capacity)များစွာ ပြောင်းလဲနိုင်သည်။ Centrifugal compressor များ၏ ထူးခြားချက်သည် radial discharge flow ဖြစ်သည်။ လည်နေသည့် impeller ၏ အလယ်(center) အတွင်းသို့ လေများဝင်ရောက်ပြီး blade များ အကြားမှ တစ်ဆင့် centrifugal force ကြောင့် အပြင်သို့ အရှိန်ပြင်းပြင်းဖြင့် ထွက်သွားသည်။ ထိုလေများသည် diffuser သို့မဟုတ် volute အတွင်း၌ Kinetic Energy(K.E)မှ Potential Energy(P.E)သို့ပြောင်းလဲကာဖိအား(pressure) မြင့်တက်လာသည်။ Pressure ratio သည် compressor ၏ final pressure ပေါ်တွင်မူတည်သည်။

Centrifugal compressor ၏ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု(power comsumption)သည် အဝင်လေအပူချိန် (inlet temperature) ပေါ်တွင် မူတည်သည်။ ဝင်လာသည့် လေအပူချိန်(inlet temperature) မြင့်လေ စွမ်းအင်သုံးစွဲမှု(power consumption) များလေ ဖြစ်သည်။

ထို့ကြောင့် compression stage တစ်ခုနှင့်တစ်ခု အကြားတွင် inter-cooling လုပ်ပေးရန် လိုသည်။ အဆင့် ခြောက်ဆင့်(6 stages) Centrifugal compressor များသည် 25bar ဖိအား(pressure)ကို ထုတ်ပေး နိုင်သော်လည်း တွေ့နိုင်ခဲ့သည်။ Impeller များကို stainless steel alloy သို့မဟုတ် aluminium ဖြင့် ပြုလုပ်ကြသည်။ Centrifugal compressor များ၏ shaft speed သည် တခြား compressor များ၏ shaft speed ထက် ပိုများသည်။ 15,000 RPM မှ 100,000 RPM အတွင်းဖြစ်သည်။

၄.၁၁ Axial Compressor

Centrifugal compressor များတွင် လေယိုစိမ့်မှု(leakage)လျော့နည်းစေရန် အတွက် ဝင်ရိုး(shaft) များကို သင့်လျော်သော seal တပ်ဆင်ထားရန် လိုသည်။ Shaft seal ဟုလည်း ခေါ်သည်။ ယေဘုယျ အားဖြင့် အသုံးများ သော shift seal အမျိုးအစား လေးမျိုး တွေ့မြင်နိုင်သည်။

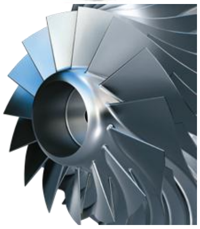


ပုံ ၄-၃၁ Dual-spool axial-flow compressor

(က) Labyrinth seal
(ခ) Ring seal
(ဂ) Mechanical seal နှင့်
(ဃ) Hydrostatic seal တို့ဖြစ်သည်။

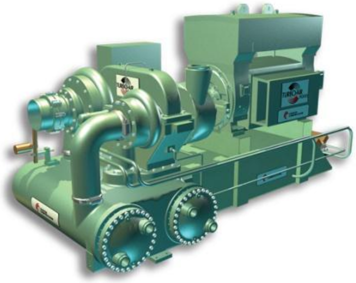
Capacity တူလျှင် Axial compressor များ၏ အရွယ်အစားသည် Centrifugal compressor အရွယ်အစား ထက် ပို၍ သေးငယ်သည်။ Constant high volume ရရှိရန် အတွက် Axial compressor များကို အသုံးပြုကြသည်။ Gas turbine များမှ လွဲလျှင် Axial compressor များ၏ pressure ratio သည် (၆)ထက် မပိုကြပေ။

၄.၁၂ Centrifugal Air Compressors



ပုံ ၄-၃၂ Centrifugal compressor integral gear and impellers

ပုံ ၄-၃၃ Inlet guide vanes



ပုံ ၄-၃၄ Centrifugal Air Compressor

Centrifugal compressor များသည် dynamic compressor များဖြစ်ကြသည်။ Dynamic compressor များသည် oil free compressor များဖြစ်ကြသည်။ လည်နေသည့် impeller များမှ လေကိုတွန်း၍ လေ၏ အလျင်(velocity) သို့မဟုတ် Kinetic Energy(K.E) ကို များအောင်ပြုလုပ်သည်။

ထိုနောက် velocity energy မှ pressure energy အဖြစ်သို့ ပြောင်းလဲစေသည်။ Impeller၌ pressure energy တစ်ဝက်ခန့် ဖြစ်ပေါ်ပြီး ကျန်ရှိသည့် pressure energy တစ်ဝက်သည် လေ၏မြန်နှုန်းကို diffuser နှင့် volute အတွင်း၌ လျော့နည်းစေကာ velocity energy မှ pressure energy အဖြစ် ပြောင်းလဲသွားသည်။

လေဖိအားနည်းနည်း(low pressure)နှင့် လေထုထည်များများ(high volume) လိုအပ်သည့်အခြေအနေမျိုးတွင် centrifugal compressor များကို အသုံးပြုကြသည်။ 600 HP ထက်နိမ့်သည့် centrifugal compressor များကိုသာ ရနိုင်သည်။ Centrifugal compressor များသည် oil-free အမျိုးအစားများ ဖြစ်ကြသည်။ လေထဲတွင် ချောဆီ(oil) လုံးဝ မပါဝင်ပေ။

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 လုပ်ပစ်ခြင်းသည် စွမ်းအင်ဖြုန်းတီးခြင်း ဖြစ်သည်။ ထို့ကြောင့် centrifugal compressor များကို base-load compressor များ အဖြစ်သာ အသုံးပြု သင့်သည်။ Base-load compressor ဆိုသည်မှာ အချိန်တိုင်း 100% capacity ဖြင့် မောင်းနေမည့် compressor ကို ခေါ်ဆိုခြင်း ဖြစ်သည်။ Centrifugal compressor များသည် full load efficiency အလွန်ကောင်းသောကြောင့် base-load compressor များအဖြစ် အသုံးပြု သင့်သည်။ အချိန်တိုင်း ၁၀၀% မောင်းနေအောင် ဒီဇိုင်း လုပ်သင့်သည်။

Rotor shortening လုပ်ခြင်း၊ Variable Speed Drive(VSD)တပ်ဆင်ခြင်း စသဖြင့် efficient unloading နည်းများဖြင့် reciprocating compressor သို့မဟုတ် screw compressor ကို trim compressor အဖြစ် တွဲ၍ တပ်ဆင် အသုံးပြုသည်။ လက်ရှိမောင်းနေသည့် load သည် base-load compressor ၏ capacity ထက်များသည့် အခါ၌ partial load ဖြင့်မောင်းမည့် compressor သည် trim compressor ဖြစ်သည်။

Centrifugal compressor တွင် inlet valve သို့မဟုတ် inlet guide vane ဖြင့် capacity ကို ထိန်းချုပ်ခြင်းသည် rotary screw compressor များတွင် inlet valve ကို ပိတ်ခြင်း၊ ဖွင့်ခြင်းဖြင့် capacity ကို ထိန်းချုပ်ခြင်း နှင့် ပုံစံတူသည်။ ထိုသို့ ပြုလုပ်ခြင်းသည် efficient ဖြစ်သည့်နည်း မဟုတ်ပေ။ Centrifugal compressor ၏ maximum capacity ထက် ၇၅% - ၈၀% ထက် နည်းအောင် throttling လုပ်လျှင် surge ဖြစ်ပေါ် နိုင်သည်။ Surge ဆိုသည်မှာ compress လုပ်ပြီးသား လေများ compressor အတွင်းသို့ ပြန်လည် ဝင်ရောက်လာခြင်းဖြစ်သည်။ Surge ဖြစ်လျှင် တုန်ခါမှု အလွန်များပြီး အချိန်တိုအတွင်း စက်အစိတ်အပိုင်းများ ပျက်စီးနိုင်သည်။

၄.၁၂.၁ Centrifugal Compressor များ၏ အားသာချက်များ နှင့် အားနည်းချက်များ

အားသာချက်များ(Advantages)

(၁) မြင်းကောင်ရေအား 200 HP မှ 500 HP အထိကြီးမားသော centrifugal air compressor များရနိုင်သည်။

(၂) အရွယ်အစားကြီးလေ ဈေးနှုန်းချိုသာလေ ဖြစ်သည်။

(၃) ချောဆီကင်းသော လေများ(lubricant-free air) ရနိုင်သည်။

(၄) အလွန်ခိုင်ခံသော foundation များ သုံးရန် မလိုပေ။

(၅) ဖိအားမြင့်မြင့် လိုအပ်သည့် လုပ်ငန်းများအတွက် သင့်လျော်သည်။

အားနည်းချက်များ(Disadvantages)

(၁) အကန့်အသတ်ဖြင့်သာ modulation နည်း capacity control လုပ်နိုင်သည်။

(၂) Rotational speed အလွန်များသောကြောင့် အထူးပြု လုပ်ထားသည့် bearing များကို အသုံးပြုရန် လိုသည်။ Vibrations နှင့် clearances ကို အမြဲမပြတ် စစ်ဆေးနေရန် လိုသည်။

(၃) ဖိအားမြင့်မြင့် လိုအပ်လျှင် inter-cooling လုပ်ရန် လိုသည်။

(၄) အထူးကျွမ်းကျင်သူများသာ ပြုပြင်ထိန်းသိမ်းခြင်း ပြုလုပ်နိုင်သည်။

(၅) Screw compressor များလောက် efficiency မကောင်းပေ။

(၆) ရရှိနိုင်သည့် efficiency သည် 16 မှ 20 kW/100 CFM အတွင်းဖြစ်သည်။(100 CFM ရရန် စွမ်းအင် 20 kW သုံးစွဲလိမ့်မည်။)

ပင်လယ်ရေပြင်(sea level)ထက်မြင့်သည့်နေရာတွင် မောင်းလျှင် volumetric efficiency ပြောင်းလဲပုံကို အောက်တွင်ဇယားဖြင့်ဖော်ပြထားသည်။

Effect of Altitude on Volumetric Efficiency

Altitude Meters	Barometric Pressure milli bar*	Percentage Relative Volumetric Efficiency Compared with Sea Level	
		At 4 bar	At 7 bar
Sea level	1013	100%	100%
500	945	98.7%	97.7%
1000	894	97%	95.2%
1500	840	95.5%	92.7%
2000	789	93.9%	90.0%
2500	737	92.1%	87.0%

* 1 milli bar = 1.01972×10^{-3} kg/cm^2

ထို့ကြောင့် ပင်လယ်ရေပြင်(sea level) ထက်ပိုမြင့်လေလေ Volumetric Efficiency နည်းလေလေ ဖြစ်သည်။

ပုံ ၄-၃၅ Centrifugal Air Compressor		ပုံ ၄-၃၆ Centrifugal Air Compressor	
Motor Sizes:	400-800 HP (300-600 kW)	Motor Sizes:	800-1750 HP (600-1300 kW)
Discharge Pressure Ranges:	50-150 psig (3.5-10 barg)	Discharge Pressure Ranges:	50-150 psig (3.5-10 barg)
Flow Ranges:	2000-4000 CFM (3400-6800 m^3/hr)	Flow Ranges:	4000-8000 CFM (6800-13,600 m3/hr)

ပုံ ၄-၃၇ ‘Class Zero’ 3-stage oil-free centrifugal air compressor 400 to 800 kW

ပုံ ၄-၃၈ ‘Class Zero’ oil-free rotary screw air compressor 160 kW

-End-