



Vakuumpumpe og vakuumsystemer

SIKKERHETSHÅNDBOK

Copyright-merknad

©Edwards Limited 2019. Alle rettigheter forbeholdes.

Innhold

1. Innledning.	5
1.1 Innholdet i dette dokumentet.	5
1.2 Eksplosjonsfare.	5
2. Når det oppstår fare.	7
2.1 Design.	7
2.2 Konstruksjon.	7
2.3 Drift/idriftsetting.	7
2.4 Vedlikehold/utrangering.	8
3. Kjemiske farer.	9
3.1 Kjemiske reaksjoner og eksplosjoner.	9
3.1.1 Homogene reaksjoner.	9
3.1.2 Heterogene reaksjoner.	9
3.2 Problemer med unormale reaksjoner.	9
3.3 Eksplosjonsfare.	10
3.3.1 Oksidanter.	10
3.3.2 Brennbare/eksplosive materialer.	11
3.3.3 Selvantennelige materialer.	11
3.3.4 Natriumazid.	12
3.4 Giftige eller korroderende materialer.	12
3.4.1 Giftige materialer.	12
3.4.2 Korroderende materialer.	13
3.5 Oppsummering - Kjemiske farekilder.	13
4. Fysiske farekilder.	15
4.1 Typer overtrykksfarer.	15
4.2 Pumpeutløp med overtrykk.	15
4.3 Beskyttelse mot utløpsovertrykk.	15
4.4 Overtrykk i innløpet.	16
4.4.1 Tilføring av komprimert gass og mottrykk.	16
4.4.2 Feil pumpedrift.	16
4.5 Oppsummering - fysiske farekilder.	17
5. Fareanalyse.	18
6. Systemdesign.	19
6.1 Systemets trykkgrenser.	19
6.2 Eliminering av stillestående volumer.	19
6.3 Utløpsavtrekkssystemer.	20
6.4 Kilder til potensielt eksplosive gass- eller dampblandinger.	20

6.5 Unngå den brannfarlige sonen.	20
6.6 Nivåer med systemintegritet.	23
6.7 Bruk av beskyttelsessystem med flammestopper.	24
6.8 Antenningskilde.	24
6.9 Sammendrag - systemdesign.	25
7. Riktig valg av utstyr.	27
7.1 Oljeforseglede roterende skovl- og stempelpumper.	27
7.2 Tørrpumper fra Edwards.	28
7.3 Rørkonstruksjon.	28
7.3.1 Belger.	28
7.3.2 Fleksible rør.	28
7.3.3 Forankringspunkter.	29
7.3.4 Tetninger.	29
7.4 Beskyttelse mot fysisk overtrykk.	29
7.4.1 Trykkavlastning.	29
7.4.2 Overtrykksalarm/utløsning.	29
7.4.3 Trykkregulatorer.	29
7.4.4 Flammestoppere.	30
7.5 Spylesystemer.	30
7.6 Sammendrag - Riktig valg av utstyr.	30
8. Driftsprosedyrer og opplæring.	32
9. Sammendrag.	33

Edwards Ltd fraskriver seg ethvert ansvar og enhver garanti med hensyn til de beskrevne opplysningenes, prosedyrenes eller anvendelsenes nøyaktighet, praksis, sikkerhet og resultater. Edwards Ltd påtar seg ikke ansvar for eventuelle tap eller skader som skyldes at man har satt sin lit til opplysningene her i håndboken, eller at de angitte opplysningene er feilaktige eller ufullstendige. Opplysningene her i håndboken er bare veiledende, og selv om Edwards kan gi veiledning i forbindelse med de potensielle farene ved å bruke farlige materialer, er det sluttbrukerens ansvar å gjennomføre en risikovurdering/fareanalyse som er spesifikk for sluttbrukerens virksomhet og miljø, og overholde offentlige forskrifter.

1. Innledning

1.1 Innholdet i dette dokumentet

Dette dokumentet inneholder sikkerhetsinformasjon forbundet med spesifikasjonen, konstruksjonen, driften og vedlikeholdet av vakuumpumper og vakuumsystemer.

Dokumentet identifiserer de potensielle farene som kan oppstå, og gir retningslinjer beregnet på å minimere sannsynligheten for sikkerhetsfarer og sikre at en eventuell faresituasjon blir håndtert på forsvarlig måte.

Dette dokumentet skal leses av alle som spesifiserer, konstruerer, installerer, betjener og vedlikeholder vakuumpumper og vakuumsystemer. Vi anbefaler at dokumentet leses sammen med:

- Instruksjonshåndboken som fulgte med utstyret
- Informasjon fra leverandøren av prosessgasser og kjemikalier
- Informasjon fra sikkerhetsavdelingen.



ADVARSEL:

Hvis sikkerhetsforskriftene her i håndboken og den relevante pumpehåndboken ikke blir overholdt, kan det medføre alvorlig skade eller døden.

Hvis du skulle ha behov for mer informasjon om hvordan Edwards' produkter egner seg til ditt prosessystem eller om sikkerhetsspørsmål i forbindelse med vakuumpumpene eller vakuumsystemene, ta kontakt med din leverandør eller Edwards.

1.2 Eksplosjonsfare

Merk:

De tilgjengelige pumpene fra Edwards overholder EU-direktivet om utstyr til bruk i eksplosjonsfarlige omgivelser.

Uventede eksplosjoner skyldes uten unntak avvik fra sikkerhetsforskriftene. Allikevel har noen av eksplosjonene vært svært voldsomme og kunne ha forårsaket alvorlig personskade eller død.

Vanlige årsaker til at en vakuumsystemkomponent sprekker er antenning av brennbare materialer eller blokkering eller begrensning av pumpeutløpet. Vær oppmerksom på følgende for å sikre sikker drift av vakuumpumpene og -systemene.

- Med mindre systemet er konstruert for å pumpe materiale ved konsentrasjoner der det kan antennes i vakuumpumpen, må du påse at blandinger av brannfarlige stoffer og oksidanter holdes utenfor det brannfarlige området. Bruk av inert gass er en måte å oppnå dette på. Se [Unngå den brannfarlige sonen](#) på side 20.
- Forsikre deg om at det ikke kan oppstå blokkering av utløpssystemet under drift, enten på grunn av mekaniske komponenter (f.eks. ventiler eller avblendinger) eller på grunn av utfelling av prosessmaterialer eller biprodukter i rørledninger, filtre og andre utløpskomponenter, med mindre systemet er konstruert for å håndtere det.
- Bruk kun PFPE (perfluorpolyeter) -oljer til å smøre pumpemekanismene som eksponeres for høye konsentrasjoner av oksygen og andre oksidanter. Det kan

hende at andre oljetyper som selges som "ikke brennbare", kun er egnet for bruk med oksidantkonsentrasjoner på opptil 30 % vv.

- Forsikre deg om at det ikke kan oppstå et tilfeldig overtrykk i et bevisst lukket og isolert vakuumsystem, f.eks. som et resultat av en feil i en trykkregulator eller et spylekontrollsystem.
- Hvis det pumpede produktet kan reagere kraftig med vann, anbefales det å bruke et annet kjølemateriale enn vann (f.eks. varmeoverføringsmedium) i kjølekretsen. Ta kontakt med Edwards for råd.

2. Når det oppstår fare

Det kan oppstå fare i alle fasene til systemets levetid. Disse fasene er:

- Design
- Konstruksjon
- Drift/idriftsetting
- Vedlikehold/utrangering

Problemtypene som kan oppstå i hver fase er oppsummert nedenfor. I alle tilfeller må du være oppmerksom på at du kun kan minimere farene i systemet dersom du har en grundig forståelse av utstyret og prosessen/applikasjonen i systemet. Hvis du er i tvil må du be leverandørene om mer informasjon eller råd.

2.1 Design

Når du designer systemet, må du velge riktig type utstyr til ditt bruksområde. Følgende må tas i betraktning:

- utstyrets tekniske spesifikasjoner
- konstruksjonsmaterialet i utstyret
- forbruksmateriellet som brukes med utstyret (for eksempel smøremidler og pumpede væsker)
- prosessbetingelser og materialer.

Du må også vurdere utstyrets generelle egnethet for ditt bruksområde, og påse at det alltid blir brukt innenfor de spesifiserte driftsbetingelsene.

Du må etablere designprosedyrer for å påse at designfeil reduseres til et minimum. Slike prosedyrer skal inkludere en uavhengig kontroll av designberegninger, samt konsultasjon om designparametere.

Konstruksjonsgranskningen må alltid omfatte fareanalyse. Du kan eliminere mange potensielle farer ved grundig vurdering av bruken av utstyret i systemet ditt.

2.2 Konstruksjon

Reduser sannsynligheten av forekomsten av farer under konstruksjonsprosessen ved å bruke kvalifisert personell og kvalitetssikringsprosedyrer. Kvalifisert personell er i stand til nøyaktig å identifisere hvilke komponenter som kreves under monteringen og de kan også identifisere feil eller dårlig produserte komponenter og utstyr. Kvalitetssikringsprosedyrer hjelper til med å identifisere og korrigere dårlig håndverk og sikrer at designspesifikasjonen følges nøye.

Personell må være svært forsiktig og følge alle sikkerhetsforanstaltninger ved installasjon av nytt utstyr i et system der det er blitt pumpet, produsert eller fremdeles kan finnes giftige, korroderende, brennbare, selvantennelige eller andre farlige stoffer.

Elektrisk utstyr må installeres av kvalifisert personell og i henhold til alle hensiktsmessige lokale og nasjonale bestemmelser.

2.3 Drift/idriftsetting

Det kan oppstå farer som følge av driften av utstyret og komponentfeil kan oppstå som følge av alder, feil bruk eller dårlig vedlikehold. Sannsynligheten for at slike farer skal kunne oppstå

reduseres ved korrekt opplæring i bruk (og vedlikehold) av utstyret. Ved behov, se instruksjonshåndbøkene, fagbøkene og ettersalgsservice fra Edwards og de andre leverandørene.

2.4 Vedlikehold/utrangering

For å forhindre at personell kommer i kontakt med farlige stoffer, må det utvises særlig oppmerksomhet og alle sikkerhetsforanstaltninger må følges under vedlikehold av et system som har pumpet eller produsert giftige, korroderende, brennbare, selvantennelige, kvelende eller andre stoffer.

Det skal også vurderes et planlagt vedlikeholdsprogram, samt sikker deponering av komponenter som kan ha blitt kontaminert med farlige stoffer. Du må følge rådene om vedlikehold i alle utstyrshåndbøkene for å ivareta sikker og pålitelig drift. Det er som regel tilleggskrav til ATEX-systemer.

3. Kjemiske farer

3.1 Kjemiske reaksjoner og eksplosjoner

Du må vurdere nøye alle mulige kjemiske reaksjoner som kan oppstå på et hvilket som helst punkt i vakuumsystemet under bruk, feil bruk og feilbetingelser. Du må spesielt vurdere reaksjoner som involverer gasser og damp som kan føre til eksplosjoner. Erfaring har vist at det har oppstått eksplosjoner der de involverte materialene som ikke opprinnelig ble vurdert av systemplanleggeren, og hvor utstyrets feilmodus ikke hadde blitt tatt i betraktning.

3.1.1 Homogene reaksjoner

Homogene reaksjoner oppstår i gassfasen mellom to eller flere typer gasmolekyler. Gassforbrenningsreaksjoner er vanligvis i denne formen. Så langt vi kjenner til, er f.eks. reaksjonen mellom silan (SiH_4) og oksygen (O_2) alltid homogen. Derfor, hvis du har slike reaksjoner i en produksjonsprosess, må du overvåke prosessstrykket og reaksjonskonsentrasjonene nøye for å forhindre at det oppstår høye reaksjonsrater.

3.1.2 Heterogene reaksjoner

Heterogene reaksjoner krever at det danner seg en fast overflate, dvs. noen gasmolekyler reagerer kun når de adsorberer på en overflate, men reagerer ikke ved lavt trykk i gassfasen. Denne reaksjonstypen er ideell for visse prosesser i og med at den minimerer reaksjonseffektene som oppstår i prosesskammeret, reduserer partikkelproduksjonen og sannsynligheten for forurensning.

De fleste heterogene reaksjoner blir homogene ved høyere trykk, vanligvis godt under atmosfærisk trykk. Dette betyr at måten gassene reagerer i prosesskamrene ikke nødvendigvis er den samme som når de komprimeres av en vakuumpumpe.

3.2 Problemer med unormale reaksjoner

Det kan oppstå unormale reaksjoner når kjemikalier kommer i kontakt med gasser eller materialer som systemutvikleren ikke forutser. Dette kan f.eks. oppstå ved en lekkasje der enten atmosfæriske gasser lekker inn i systemet eller giftige, brennbare, eksplosive eller andre farlige gasser lekker ut i atmosfæren.

For å forhindre at disse reaksjonene oppstår, må en lekkasjetetthet på 1×10^{-3} mbar l s^{-1} (1×10^{-1} Pa l s^{-1}) eller lavere opprettholdes i systemet. Applikasjoner med høyt vakuum har typisk en lekkasjetetthet på 1×10^{-5} mbar l s^{-1} (1×10^{-3} Pa l s^{-1}) eller lavere. Du må alltid påse at alle ventilene i systemet er lekkasjetette over setene deres.

Gass som under normale forhold ikke kommer i kontakt med hverandre under prosesssyklusen, kan bli blandet i pumpesystemet og utløpsrørene.

Etter rutinemessige vedlikeholdsprosedyrer kan det være vanddamp eller rengjøringsmidler i prosesskammeret. Dette kan oppstå etter at prosesskammeret er blitt spylt og rengjort. Vanddamp fra utløpskanaler og vannskrubbere kan også komme inn i systemet.

Hvis det brukes løsningsmidler for å spyle prosessavsetninger fra vakuumsystemet, er det viktig å påse at det valgte løsningsmiddelet er kompatibelt med alle prosessmaterialene i vakuumsystemet.

3.3 Eksplosjonsfare

Kilden til eksplosjonsfare ligger vanligvis i én av følgende kategorier:

- Oksidanter
- Brennbare/eksplosive materialer
- Selvantennelige materialer
- Natriumazid.

Vær oppmerksom på at EU-land (og enkelte andre land) har lovpålagt leverandører av prosessmaterialer å offentliggjøre fysiske og kjemiske data for materialene de selger (vanligvis i form av sikkerhetsdatablader). Dataene for et materiale må inkludere, der det er relevant, informasjon om de øvre og nedre eksplosjonsgrensene, materialenes fysiske og termodynamiske egenskaper og eventuelle helseskader som er forbundet med bruk av materialet. Se denne informasjonen for informasjon.

3.3.1 Oksidanter

Oksidanter som oksygen (O_2), ozon (O_3), fluor (F_2), nitrogentrifluorid (NF_3) og wolframheksafluorid (WF_6) pumpes ofte i vakuumsystemer. Oksidanter reagerer lett med en lang rekke stoffer og materialer og reaksjonen produserer ofte varme og økt gasstrykk. De potensielle resulterende farene er blant annet brann og overtrykk i pumpen eller utløpssystemet.

For sikker pumping av disse gassene må du følge gassleverandørens sikkerhetsanbefalinger, i tillegg til følgende anbefalinger:

- Bruk alltid PFPE-smøremidler (perfluorpolyeter) i pumper som brukes til å pumpe oksygen med konsentrasjoner over 25 volumprosent i en inert gass.
- Bruk PFPE-smøremidler i pumper som brukes til å pumpe gasser der oksygenprosenten normalt er under 25 volum%, men som kan stige til over 25 % ved feiltilstander. Hvis andre oksidanter enn oksygen pumpes, må du høre med smøremiddelleverandøren om anbefalte oksidantnivåer.
- PFPE-smøremidler er de foretrukne smøremidlene, men smøremidler av hydrokarbontypen kan også brukes hvis det brukes en egnet inert nøytral gass for å garantere at ikke oljen eksponeres for usikre oksidantnivåer.

Under normale forhold vil ikke PFPE-smøremidler oksidere eller brytes ned i et oljeforseglet roterende pumpehjul eller stempelpumpe-oljeboks eller -girboks og dermed reduserer dette sannsynligheten av en eksplosjon.

Merk at den termiske dekomponeringen av PFPE-smøremidler kan oppstå ved eller over en temperatur på 290 °C i nærvær av luft og jernholdige metaller. Den termiske dekomponeringstemperaturen senkes til 260 °C dersom titan, magnesium, aluminium eller legeringer av disse er tilstede.

Hvis du ikke ønsker å bruke PFPE-smøremidler i oljeforseglede roterende pumpehjul eller stempelvakuumpumper, kan du bruke en inert gass, for eksempel tørr nitrogen, og fortynne oksidanten til en sikker konsentrasjon. Denne fremgangsmåten kan kun anvendes på lave oksidantgasstrømninger. Du må installere sikkerhetsanordninger i systemet for slik å sikre at minimumsstrømningen av den inerte fortynningsgassen som er nødvendig for å redusere oksidantkonsentrasjonen til et så sikkert nivå som mulig, samt til å sikre at oksidantstrømningen ikke overskrider den maksimalt tillatte strømningshastigheten. Du må designe systemet ditt slik at oksidantstrømmen stopper umiddelbart hvis ikke disse betingelsene overholdes.

Vi anbefaler at du bruker tørrpumper fra Edwards når du pumper oksidanter (se Edwards tørrpumperEdwards tørrpumpe [Tørrpumper fra Edwards](#) på side 28). Tørrpumper har ingen forseglingsvæsker i volumet som fraktes. Dermed er det mye lavere sannsynlighet for at det skal oppstå en eksplosjon dersom du bruker en tørrpumpe til å prosessere oksidanter. Edwards anbefaler spyling med inert gass for lagrene og i girkassen når det brukes et hydrokarbonsmøremiddel.

3.3.2 Brennbare/eksplosive materialer

Mange gasser og støvtyper, for eksempel hydrogen (H_2), acetylen (C_2H_2), propan (C_3H_8) og fint silisiumstøv er brennbare og/eller eksplosive i visse konsentrasjoner i en oksidant hvis det finnes en antenningskilde. Det kan oppstå en antenningskilde, f.eks. fra en lokal oppbygging av varme. Dette er omtalt i AntenningskilderAntenningskilde [Antenningskilde](#) på side 24.

Du kan unngå eksplosjonsfaren ved å påse at konsentrasjonen av den potensielt brannfarlige blandingen holdes utenfor den brannfarlige sonen. Flere detaljer er tilgjengelige i [Unngå den brannfarlige sonen](#) på side 20.

En annen metode du kan bruke for å redusere sannsynligheten for en eksplosjon, er å eliminere antenningskildene. Du finner mer informasjon i AntenningskilderAntenningskilde [Antenningskilde](#) på side 24.

Der det ikke er mulig å unngå den brannfarlige sonen, må du påse at utstyret er designet til å tåle enhver resulterende eksplosjon uten å sprekke eller overføre en flamme til atmosfæren utenfor. Bruk av flammestoppere er omtalt i [Bruk av beskyttelsessystem med flammestopper](#) på side 24. Hvis vakuumsystemets eksterne atmosfære er farlig, må du påse at alt utstyr er korrekt dimensjonert.

I EU gir ATEX-direktivet klare retningslinjer for konstruksjon av utstyr som skal brukes i eksplosjonsfarlige omgivelser.

Der det er mulig å unngå pumping av potensielt eksplosive atmosfærer, kan alle typer pumper fra Edwards Vacuum brukes til å pumpe brennbare gasser eller damp.

3.3.3 Selvantennelige materialer

Under de fleste forhold reagerer selvantennelige gasser, som silan (SiH_4) og fosfin (PH_3) eller selvantennelig støv, spontant med luft ved atmosfærisk trykk, så hvis disse gassene kommer i kontakt med luft, eller en annen oksidant, kan det oppstå en forbrenning hvis trykket er tilstrekkelig høyt til å støtte forbrenning. Dette kan skje hvis det lekker luft inn i systemet, eller hvis systemavgasser kommer i kontakt med atmosfæren. Varmen fra reaksjonen mellom en oksidant og selvantennelig gass kan fungere som en antenningskilde for eksplosive materialer.

Hvis utløpsgasser fra andre prosesser slippes ut gjennom et felles avtrekksystem, kan det resultere i forbrenning eller en eksplosjon. Det anbefales derfor at du bruker et uavhengig avtrekksystem når du pumper selvantennelige materialer.

Prosesser som bruker fosfor kan føre til at fosfor i fast form kondenserer i vakuumsystemet eller utløpet. I nærvær av luft og utsatt for kun lett mekanisk omrøring (f.eks. aktivering av en ventil eller pumperotasjon forårsaket av et differansetrykk), kan fosfor spontant brenne og frigjøre giftige gasser. Det anbefales at pumpene spyles med en inert gass og blir tilstrekkelig varm for å minimere kondensering av fosfor.

PFPE-smøremidler kan absorbere prosessgasser som, når det gjelder selvantennelige materialer, kan føre til lokal antenning når smøremiddelet eksponeres for luft. Denne faren kan være spesielt aktuell under servicearbeider eller hvis en oksidant pumpes gjennom

systemet etter en selvantennelig gass eller støv. Hvis du bruker tørrpumper fra Edwards, kan du redusere sannsynligheten for at denne faren kan oppstå. Du må påse at alt selvantennelig materiale er passivisert før det ventileres eller håndteres.

3.3.4 Natriumazid

Natriumazid brukes innimellom ved fremstilling av produkter for tørrfrysing og i andre produksjonsprosesser. Natriumazid kan produsere hydrogenazid. Hydrogenaziddamp kan reagere med tungmetaller og danne ustabile metallazider. Disse azidene kan eksplodere spontant.

Tungmetallene inkluderer:

• Barium	• Kadmium	• Cesium
• Kalsium	• Kobber	• Bly
• Litium	• Mangan	• Kalium
• Rubidium	• Sølv	• Natrium
• Strontium	• Tinn	• Sink
• Kobber-/sinklegeringer (f.eks. messing)		

Messing, kobber, kadmium, tinn og sink brukes ofte i mange komponenter i vakuumpumper, tilbehør og rør. Hvis ditt prosessystem bruker eller produserer natriumazid, må du kontrollere at gassbanen i prosesssystemet ikke inneholder tungmetaller.

3.4 Giftige eller korroderende materialer

Mange vakuumpplikasjoner omfatter håndtering av giftige og korroderende materialer og krever særlige prosedyrer.

3.4.1 Giftige materialer

Giftige materialer er i seg selv helsefarlige. Imidlertid er farens egenskaper spesifikk for materialet og den relative konsentrasjonen. Følg håndteringsprosedyrene som er oppgitt av leverandøren av materialet, samt gjeldende bestemmelser.

Du må også ta følgende punkter i betraktning:

- **Gassfortynning** - Det finnes utstyr som tillater fortynning av giftige prosessgasser når de passerer gjennom vakuumpumpen og inn i utløpet. Denne fortynningen kan du bruke til å redusere konsentrasjonen til under giftgrensen. Vi anbefaler at du overvåker fortynningsgassstilførselen til alarm hvis tilførselen svikter. Særlig for oljeforseglede pumper er eventuelle påkrevde oljeretursett angitt i pumpehåndboken.
- **Lekkasjedeteksjon** - Vakuumsystemer fra Edwards er generelt konstruert til å være lekkasjetett til et nivå på $< 1 \times 10^{-3}$ mbar l s⁻¹ ($< 1 \times 10^{-1}$ Pa l s⁻¹). Imidlertid kan ikke lekkasjetettheten til det tilstøtende systemet garanteres. Du må bruke en egnet lekkasjedeteksjonsmetode (f.eks. lekkasjedeteksjon med heliummassespektrometri) for å bekrefte at vakuum- og utløpssystemene er intakte.
- **Akseltetting (Edwards tørrpumper)** - Mange tørrvakuumpumper fra Edwards bruker et gasspylesystem for å sikre at det ikke trenger prosessgasser inn i girboksen og lagrene, og dermed potensielt ut i atmosfæren. Du må påse at denne gassstilførselen er tett under håndteringen av giftige materialer. Ikke-ventilerende regulatorer må brukes i kombinasjon med en tilbakeslagsventil, som omtales i [Trykkregulatorer](#) på side 29.

- **Akseltetting (andre pumper fra Edwards)** - Oljespylte akseltettingskonstruksjoner (f.eks. EH mekaniske hjelpepumper og EM roterende pumpehjul pumper) minimerer risikoen for lekkasje av prosessgass (eller for at det lekker inn luft), og kan gi en visuell advarsel (oljelekkasje eller redusert oljenivå) før det oppstår en fare. Andre tettingskonstruksjoner vil kanskje ikke gi tilstrekkelig varslingsom fare.
- **Magnetiske drev** - Der det er påkrevd med fullstendig hermetisk forsegling, kan vakuumpumpene fra Edwards EDP leveres utstyrt med et magnetdrivverk som bruker en keramisk kapsling som eliminerer behovet for akseltetting på motorens inngående aksel.

Hvis det brukes trykkbegrensningsventil eller bruddskiver til å slippe ut overtrykk, må du påse at de luftes sikkert i et egnet avløpssystem, hvilket forhindrer giftfare.

Når du returnerer kontaminert utstyr til Edwards for service eller vedlikehold, må du følge de spesifikke prosedyrene (skjema HS1) og fylle ut erklæringen (Form HS2) i instruksjonshåndboken som fulgte med utstyret.

3.4.2 Korroderende materialer

Når du pumper korroderende materialer med vakuumpumper fra Edwards, bør du merke deg følgende punkter:

- **Inntrengning av fukt** - Du må særlig påse å forhindre at det kommer inn fuktig luft som kan fremskynde korroderende virkninger. Bruk en inert gass som en del av nedstengingsprosedyren for å spyle korroderende materialer ut av systemet før det stenges ned.
- **Fortynning** - Bruk en egnet fortynningsgass for å forhindre kondensering av korroderende materialer og dermed dempe korrosjonsutviklingen.
- **Temperatur** - Øk temperaturen til pumpen og utløpsledningen for å forhindre kondensering av vanddamp, noe som kan begrense korrosjon. I noen tilfeller kan høyere temperaturer øke korrosjonshastigheten, se avsnittet nedenfor.
- **Korrodering av sikkerhetsutstyr** - Der kritisk sikkerhetsutstyr (for eksempel flammestopperelementer, temperaturfølere osv.) kan bli skadet av korroderende produkter i prosessgasstrømmen, må konstruksjonsmaterialene til disse velges spesifikt for å unngå denne faren.
- **Faseendringer** - Ikke planlagte faseendringer kan føre til kondensering. For å unngå denne faren, må det tas hensyn til dette ved temperatur- og trykkendringer.
- **Ikke planlagte reaksjoner** - Ikke planlagte kjemiske reaksjoner kan føre til utvikling av korroderende produkter. Hvis utstyret brukes til mer enn ett formål, må muligheten for krysskontaminering vurderes nøye.

Noen korroderende materialer, for eksempel fluor, klor, andre halogener eller halider og oksiderende stoffer, for eksempel ozon eller reduksjonsstoffer, for eksempel hydrogensulfid, kan også angripe materialene de er i kontakt med, uten at noen væske trenger å være til stede. I disse tilfellene bør det korroderende materialets partialtrykk begrenses gjennom bruk av en egnet fortynningsgass. Vakuumsystemets og pumpemodellens byggematerialer bør velges som kompatible med den særlige gassen i de forventede konsentrasjonene. Høye temperaturer kan akselerere korrosjon og bør således begrenses dersom andre prosesshensyn tillater det. Vedlikeholdsintervaller bør gjennomgås for å vurdere effekten av korroderende materialer på systemet.

3.5 Oppsummering - Kjemiske farekilder

- Vurder alle mulige kjemiske reaksjoner i systemet.

- Ta unormale kjemiske reaksjoner med i betraktning, inkludert de som kan oppstå under feiltilstander.
- Se sikkerhetsdatabladene når du vurderer de potensielle farene som er forbundet med prosessmaterialet du skal bruke.
- Bruk fortynningsteknikker for å minimere reaksjoner med oksidanter og brennbare materialer.
- I EU der en brannfarlig sone er spesifisert, må du bruke en egnet sertifisert ATEX-vakuumpumpe. For alle andre regioner anbefaler Edwards bruk av pumper som har blitt sertifisert i henhold til ATEX-direktivet der det er mulig.
- Bruk riktig type smøremiddel i pumpen når du pumper oksidanter. Vurder å bruke en tørrpumpe.
- Ikke bruk tungmetaller i gassbanen til prosesssystemet hvis prosessen bruker eller produserer natriumazid.
- Vær spesielt forsiktig ved håndtering av giftige, korroderende eller ustabile materialer.

4. Fysiske farekilder

4.1 Typer overtrykksfarer

Overtrykk i komponentene i et vakuumsystem kan være et resultat av hvilke som helst av de følgende:

- tilførsel av høytrykks-gass i systemet
- gasskompresjonen i systemet
- en brå temperaturøkning av flyktig gass i systemet
- en faseendring som fører til avsetninger av et produkt i fast form
- reaksjon i vakuumsystemet
- blokkert utløp

Andre årsaker er mulig.

4.2 Pumpeutløp med overtrykk

En vanlig årsak til overtrykk i utløpet er en blokkering eller innsnevring i utløpssystemet. Dette kan føre til svikt i pumpen eller andre systemkomponenter.

Vakuumpumper er kompressorer som er spesifikt designet til å kjøre med høyt utløp-til-innløp-kompresjonsforhold.

I tillegg til det potensielle overtrykket som forårsakes av driften av pumpen, kan også tilføringen av en komprimert gass (for eksempel en spylegass eller fortynningsgass) også forårsake overtrykk i systemet hvis utløpssystemet er innsnevret eller blokkert.

Hvis det er montert en pumpe med flammestoppere og annet utstyr på utløpssiden, er det viktig at utløpsmottrykket ikke overskrider maksimumsgrensen som er angitt i instruksjonshåndboken til vakuumsystemet. Følg et egnet vedlikeholdsprogram for å sikre at utløpssystemet og flammestopperen ikke blir blokkert av prosessavsetninger. Hvis ikke dette er praktisk mulig, skal det monteres en trykkløper mellom pumpen og flammestopperen for å detektere blokkering. Det må tas tilsvarende hensyn for annet utløpsutstyr, for eksempel filtre og kondensatorer.

Sublimering eller faseendring kan føre til blokkering som følge av avleiringer fra prosessrøpplegget og overtrykksfare.

Se instruksjonshåndbøkene som fulgte med vakuumpumpesystemet om maksimalt og anbefalt kontinuerlig mottrykk for alle utløpskomponentene medregnet vakuumpumpen. Konstruer utløpssystemet slik at disse begrensningene kan oppfylles.

Grenser under kontinuerlig drift er angitt i pumpehåndboken.

4.3 Beskyttelse mot utløpsovertrykk

Vi anbefaler generelt at pumper kjøres med utløpet ledet inn i et fritt ventilert utløpssystem. Imidlertid kan utløpssystemet ha komponenter som kan føre til en innsnevring eller blokkering av systemet. Hvis dette er tilfelle må du også iverksette egnede tiltak for beskyttelse mot overtrykk. Slike metoder inkluderer for eksempel:

Komponent	Beskyttelsestiltak
Ventil i utløpsrøret	Lås ventilen slik at den alltid er åpen når pumpen kjører.

Komponent	Beskyttelsestiltak
	Monter en trykkavlastnings-forbikobling.
Utløpsskrubber	Monter en trykkavlastnings-forbikobling.
	Monter en trykkovervåker og lås denne med pumpen slik at pumpen slås av når utløpstrykket blir for høyt.
Flammestopper	Måling av utløpstrykket.
	Måling av differansetrykket.
Oljetåkefilter	Monter en trykkavlastingsenhet.

For å sammenfatte det hele, hvis trykket i utløpssystemet når maksimum tillatt trykk:

- Reduser trykket med en enhet i en gassbane parallelt med innsnevringen eller blokkeringen.
- Reduser kilden til trykket. Stopp eller steng ned alle tilførsler av komprimert gass.

4.4 Overtrykk i innløpet

4.4.1 Tilføring av komprimert gass og mottrykk

Det er vanlig å undervurdere den nødvendige trykkgrensen til rørsystemet som forbinder pumpen med vakuumsystemet. Dette er fordi man antar at dette rørsystemet ikke vil bli utsatt for trykk over atmosfærisk trykk. I praksis gjelder dette kun ved normale driftsbetingelser. Du skal beregne den nødvendige trykkgrense slik at den tåler høyere trykk ved unormale tilstander eller feiltilstander.

En vanlig årsak til overtrykk i pumpeinnløpsrørene er tilføringen av komprimerte gasser (for eksempel inerte gasser) når pumpen ikke kjører. Hvis komponentene i innløpsrøret ikke er egnet for det trykket som oppstår, vil rørsystemet sprekke og det vil lekke ut prosessgasser fra systemet. En annen årsak til sprekker og lekkasjer er en tilbakestrømning av gasser fra systemet og inn i et prosesskammer som ikke tåler det trykket som oppstår.

Sørg for å bruke et trykk som systemet tåler når du kobler til tilførsel av komprimert gass til systemet gjennom trykkregulatorer som er designet til å gi lavtrykksstrøm.

Hvis de kjøres under forhold hvor det ikke strømmer noen prosessgass gjennom systemet, vil de vanlig brukte ikke-ventilerende regulatorene føre til at trykket i systemet stiger til trykket i gasstilførselen til regulatoren. Derfor må du bruke én av følgende to metoder for å forhindre overtrykk:

- redusere trykket, la gassene forbikoble pumpen og strømme inn i et fritt ventilt utløp
- overvåke trykket i systemet og bruke en positiv stengeventil til å stenge av tilførselen av komprimert gass ved et forhåndsinnstilt trykknivå.

4.4.2 Feil pumpedrift

Det må iverksettes spesielle tiltak frem til det er fastslått at pumpen fungerer korrekt.

Hvis rotasjonsretningen til pumpen er feil og pumpen kjøres med innsnevret eller blokkert innløp, vil pumpen generere høyt trykk i innløpsrøret. Dette kan føre til sprekker i pumpen, rørledningene eller komponenter i rørsystemet.

Bruk alltid en blindplate løst festet med skruer til pumpeinnløpet til du har etablert at pumpens rotasjonsretning er korrekt.

Kjøring ved høy rotasjonshastighet kan resultere i at pumpen sprekker. Ikke kjør pumpen med rotasjonshastighet over maksimalt tillatt rotasjonshastighet. Dette er spesielt viktig ved bruk av frekvensomformere for hastighetskontroll.

4.5 Oppsummering - fysiske farekilder

- Når du gjør sikkerhetsberegninger, må du vurdere sikkert arbeidstrykk for alle systemkomponentene.
- Påse at pumpeutløpet ikke kan blokkeres eller begrenses.
- Hvis det er fare for at det kan oppstå høye trykk over nominelt trykk i noen del av vakuumsystemet, anbefaler vi at systemet har trykkmålingsutstyr på et egnet sted. Dette må kobles til styresystemet for å sette systemet i en sikker tilstand, hvis det oppdages en overtrykktilstand.
- Unormale tilstander og feiltilstander må tas med i vurderingen når du anslår den nødvendige trykkgrensen til vakuumsystemet og pumpekomponentene.
- Påse at du bruker en trykkavlastingsenhet av korrekt type og som har riktig klassifisering for applikasjonen.
- Påse at tilførselen av komprimert gass er korrekt justert og overvåket. Steng av disse forsyningene hvis pumpen er slått av.
- Der det er mulig, må du påse at tilførselstrykket til alle regulerte spylinger er lavere enn det maksimale tillatte statiske trykket i systemet. Alternativt må du påse at det er mulig med trykkavlasting ved komponentfeil.

5. Fareanalyse

Teknikkene for fareanalyse gir en strukturert tilnærming av identifisering og analysen av farene i et system som er i normal drift, og for farene som kan oppstå ved feil og feiltilstander. Slike teknikker gir en rettleiding til farehåndtering. Det kan i mange tilfeller være lovpålagt å følge disse teknikkene. For at den skal være fullt ut effektiv, må fareanalysene begynne under den innledende designprosessen av systemet og må pågå helt til systemet er installert og i drift.

Dette dokumentet omfatter ikke en detaljert beskrivelse av fareanalyseteknikker. Det finnes imidlertid mange eksempler på fareanalyseteknikker andre steder. Et eksempel på en teknikk som ofte brukes i kjemisk prosessindustri er HAZOP (Hazard and Operability Study - Studie av fare og driftsegnethet). Dette er en prosedyre for fareanalyse som fokuserer på å identifisere potensielle farer og driftsproblemer.

Typisk genererer fareanalysene informasjon om faretyper, alvorsgraden til disse farene og sannsynligheten for at farene vil oppstå. Denne informasjonen kan du bruke til å bestemme de beste tiltakene for å redusere farevirkninger til akseptable nivåer. Avhengig av farens opprinnelse, kan det være mulig å eliminere faren, eller redusere alvorsgraden av faren, og/eller redusere sannsynligheten for at faren vil oppstå. Det er imidlertid sjelden at farer kan elimineres helt.

Du må vurdere alle mulige effekter av en fare når du skal bestemme den beste måten å håndtere faren på. En liten, varm overflate kan utgjøre en mindre fare for en operatør i og med at den kan forårsake brannskader. For å redusere sannsynligheten av at det vil oppstå en brannskade, kan systemdesigneren sørge for en synlig advarsel om den varme overflaten, eller sette opp en beskyttelse rundt den varme overflaten. Men fareanalysen til systemet kan også indikere at den samme varme overflaten kan være en antenningskilde for brennbar damp, som kan føre til en eksplosjon eller frigjøring av en giftig dampsky. For å redusere sannsynligheten av en antenning, må systemdesigneren redusere temperaturen til den varme overflaten eller påse at brennbar damp ikke kan komme i kontakt med den varme overflaten.

6. Systemdesign

6.1 Systemets trykkgrenser

Som nevnt i *Fysiske farekilder* på side 15 er rørene og komponentene til vakuumsystemet designet for å tåle internt trykk under atmosfærisk trykk. I praksis er det imidlertid vanligvis normalt å designe systemet for bruk med internt trykk over atmosfærisk trykk. Om nødvendig må du bruke trykkavlastingsutstyr for å forhindre overtrykk.

Det er viktig at ikke innløpsrørene og andre innløpskomponenter blir det svakeste leddet i systemet, og da gå ut i fra at de alltid vil kjøres under vakuum eller ved feiltilstander.

Utløpssystemene må alltid designes slik at de gir minst mulig mottrykk til pumpen under drift. Det er imidlertid viktig å designe utløpssystemet med tilstrekkelig trykkmerkeverdi. Det må være egnet for bruk med trykket som kan dannes av pumpen, samt for eksempel ved innføring av komprimert gass i systemet, og det må være egnet for bruk med de anvendte vernetiltakene mot overtrykk.

Når du utfører fareanalysen, må du alltid vurdere:

- Eksterne innløp, for eksempel forbindelser for inert gass
- Isolering og innsnevninger fra alle kilder, spesielt i utløpsrør
- Reaksjoner mellom prosessgasser

Vær derfor oppmerksom på at der hvor en beholder inneholder en flyktig væske og kan isoleres fra resten av systemet, så kan bruken av ekstern varme (f.eks. fra en brann) resultere i at det interne trykket blir større enn beholderens konstruksjonstrykk. I dette tilfellet må du vurdere behovet for egnet trykkavlastning.

6.2 Eliminering av stillestående volumer

Et stillestående volum er ethvert volum i et vakuumrør eller -komponent det ikke strømmer gass igjennom. Eksempler på dette er girboksen til en mekanisk hjelpepumpe eller målesøylen til et instrument. Det kan også bli stillestående volumer i røropplegg med ventiler og innløpsrør for nitrogengass dersom disse isoleres

Stillestående volumer må tas med i betraktningen når du vurderer blandingen og reaksjonen til prosessgasser som normalt ikke er sammen i prosesskammeret. Rør, pumper og prosesskamre transporterer generelt gasser lineært, med én gass eller gassblanding etterfulgt av en annen. Gasser som transporteres i slike lineære strømmer, blandes normalt ikke, unntatt hvis hastigheten til utløpsgassen reduseres av en innsnevring eller blokkering. Et stillestående volum blir ikke spylt ut og kan fylles med prosessgasser etter hvert som systemtrykket stiger og synker. På denne måten kan gasser som går gjennom systemet på ett trinn, forbli i systemet. Da vil disse kunne reagere med gasser fra en etterfølgende fase i prosessen. Grundig evakuering av kammeret mellom introduksjonen av inkompatible gasser vil beskytte mot eksplosjonsfaren.

Vær spesielt påpasselig når du vurderer krysskontaminering i stillestående volumer, og når gassene er potensielt eksplosive. Vær spesielt oppmerksom på farene for oppbygging i filtre og separatore og andre komponenter. Der det er formålstjenlig skal du bruke høyintegritets kontinuerlig strøm med inert spylegass for å redusere sannsynligheten for krysskontaminering.

Ved pumping av brennbare stoffer, kan de stillestående volumene fylles med potensielt eksplosive gasser eller damper som ikke kan fjernes ved normal spyling. Hvis det også kan

være en antenningskilde der, skal du vurdere behovet for spesifikk spyling av det stillestående volumet.

6.3 Utløpsavtrekkssystemer

Det er viktig å bruke riktig utløpsavtrekkssystem til prosessen. Som tidligere nevnt, må avtrekkssystemet designes til å tåle driftstrykkene og at det ved produksjon eller prosessering av farlige materialer må være tilstrekkelig lekkasjetett til å holde på prosessmaterialene og biproduktene, samt forhindre farlige utslipp i atmosfæren.

6.4 Kilder til potensielt eksplosive gass- eller dampblandinger

Hvis en brennbar gass eller damp blandes med den korrekte konsentrasjonen av oksygen eller annen egnet oksidant, vil den danne en eksplosjonsfarlig blanding som kan antennes i nærvær av en antenningskilde.

Selv om det generelt er tydelig hvis et pumpet materiale er potensielt eksplosivt, har Edwards erfaring med at det i enkelte tilfeller produseres en potensiell eksplosiv blanding på grunn av forhold som ikke ble vurdert da systemet ble konstruert for prosessen. Du må identifisere alle mulige prosessstillinger og mulige kilder til potensielt eksplosive blandinger som utstyret kan generere. Noen eksempler fra erfaringene til Edwards er opplistet under, men listen skal ikke anses som fullstendig:

- **Krysskontaminering** - Hvis en vakuumpumpe brukes til flere oppgaver, er det mulig at bruk med individuelle materialer er trygt, men hvis ikke pumpen spyles før den skal brukes med et annet materiale, kan det oppstå krysskontaminering og uventede reaksjoner.
- **Rengjøringsvæsker** - Bruk av rengjøringsmidler kan vurderes som ufarlige, men bruk av brennbare rengjøringsvæsker og påfølgende tørking ved evakuering gjennom vakuumpumpen kan skape en potensielt eksplosiv blanding.
- **Uventedematerialer** - Ved «house vacuum»-oppgaver der vakuumpumpen brukes til å gi et distribuert vakuumsystem, er det mulig å pumpe brennbare materialer som ikke ble vurdert under systemdesignprosessen. Disse materialene kan ha en temperatur for automatisk antenning som er lavere enn den interne temperaturen eller temperaturgrensen til vakuumpumpen.
- **Oppløstdamp** - Disse kan utvikle seg under prosessdriften, og det må utvises forsiktighet for å velge den riktige interne temperaturgrensen for prosessen. I markedet for kjemiske prosesser omfattes dette av ATEX-krav.
- **Luftlekkasje** - Utsiktet inntrengning av luft eller oksidant i et system kan endre konsentrasjonen av en brennbar gass eller damp og skape en potensielt eksplosiv blanding.
- **Brennbartetningsvæske** - Der en brennbar væske brukes som forseglingsvæske i en væskeringvakuumpumpe, vil inntrengning av luft skape en potensielt eksplosjonsfarlig intern blanding.
- **Kondenserte prosessmaterialer** - Hvis det er mulig at brennbart materiale kondenserer i systemet, må du være oppmerksom på at det kan reagere med oksidanter fra andre prosessstrinn eller med luft (for eksempel i utløpet). Dette kan unngås ved egnet temperatur- eller partialtrykkstyring.

6.5 Unngå den brannfarlige sonen

Et brennbart materiale vil kun danne en potensielt eksplosiv atmosfære hvis det kombineres med luft eller oksygen eller annen oksidant, og konsentrasjonen ligger mellom nedre

flammegrense - LFL (eller nedre eksplosjonsgrense - LEL) og øvre flammegrense - UFL (eller øvre eksplosjonsgrense - UEL). Merk at de fleste data som finnes i litteraturen, henviser til brennbarhetsgrenser i luften, dvs. der oksygen er oksidanten. All ytterligere informasjon nedenfor vil være basert på den antakelsen.

For å være potensielt eksplosiv, må også oksygenkonsentrasjonen være over minimum oksygenkonsentrasjon - MOC (eller begrensende oksygenkonsentrasjon - LOC). MOC (LOC) for størstedelen av de brennbare gassene er 5 % vol. eller høyere. (Merk: Dette gjelder ikke for selvantennelige materialer, som krever spesielle forholdsregler.)

Man kan benytte flere strategier for å unngå å drive med gassblandinger i den brannfarlige sonen. Valg av strategi avhenger av resultatet av risikovurderingen (fareanalyse) for prosessen og pumpesystemet:

- **Hold den brennbare gasskonsentrasjonen under LFL (LEL)**

For å minimere risikoen for at den brennbare gassen ved et uhell skal komme inn i den brannfarlige sonen, skal det brukes en sikkerhetsmargin for drift under LFL (LEL).

Brukeren bør fastsette en sikkerhetsmargin etter en risikovurdering. Noen myndigheter foreslår å holde konsentrasjonen under 25 % LFL (LEL).

Den vanlig brukte metoden for å holde en egnet konsentrasjon under LFL (LEL) er fortykning med inert spylegass (for eksempel nitrogen) som føres inn i pumpeinnløpet og/eller spylekoblingene. Integriteten til fortykningssystemet og eventuelle alarmer eller forriglinger avhenger av faresonen som oppstår hvis fortykningssystemet svikter.

 **Merk:**

Påse at det tas egnede forholdsregler for å unngå kvelningsrisiko.

- **Hold oksygenkonsentrasjonen under MOC (LOC)**

Denne driftsmodusen krever bruk av oksygenkonsentrasjonsovervåking av de pumpede gassene for å garantere sikker drift. For å minimere faren for at brennbar gass ved et uhell skal komme inn i den brannfarlige sonen, skal det benyttes en sikkerhetsmargin for under MOC (LOC) drift. Tilgjengelige bransjestandarder indikerer at der oksygenkonsentrasjonen kontinuerlig overvåkes, bør den holdes lavere enn 2 % vol. under den laveste offentliggjorte MOC (LOC) for gassblandingen. Med mindre MOC (LOC) er under 5 %, må oksygenkonsentrasjonen holdes på høyst 60 % av MOC (LOC). Hvis overvåking kun gjøres i form av rutinemessige kontroller av oksygennivået, må ikke oksygennivået overskride 60 % av den laveste offentliggjorte MOC (LOC), med mindre MOC (LOC) er under 5 %. Da må oksygenkonsentrasjonen holdes under 40 % av MOC (LOC).

Den foretrukne metoden for å holde oksygennivået under laveste offentliggjorte MOC (LOC) er streng utestenging av luft og oksygen fra prosess- og pumpesystemet, sammen med fortykning av den pumpede gassen med en inert spylegass (som f.eks. nitrogen), som føres inn i pumpeinnløpet og/eller spylekoblingene om nødvendig. At utestengingen for luft/oksygen og eventuelle alarmer og forriglinger skal fungere som det skal, avhenger av faresonen som ville resultere der utestenging- og fortykningssystemene svikter.

Forholdsregler som typisk er nødvendig for å strengt utestenge luft fra prosess- og pumpesystemet er angitt på slutten av dette avsnittet.

- **Hold den brennbare gasskonsentrasjonen over UFL (UEL)**

Der hvor de brennbare gasskonsentrasjonene er høye, kan drift over UFL (UEL) egne seg bedre. For å minimere faren for tilfeldig angrep i den brannfarlige sonen,

skal det benyttes en sikkerhetsmargin for over-UFL (UEL) drift. Det anbefales at resten av oksygenivået i gassen skal holdes på mindre enn 60 % av det absolutte oksygenivået som normalt er til stede ved den brennbare gass UFL (UEL) konsentrasjonen.

Den foretrukne metoden for å holde oksygenivået under denne sikkerhetsmarginene er streng utestenging av luft og oksygen fra prosess- og pumpesystemet. Fortynning av den pumpede gassen med en inert spylegass (f.eks. nitrogen) eller med ekstra brennbar gass ('padding'-gass) som føres inn i pompeinnløpet og/eller spylekoblingene, kan også være nødvendig. At utestengingen for luft, av eventuelt innføringsystem for spylegass og av eventuelle alarmer og forriglinger skal fungere som det skal, avhenger av faresonen man ville få der utestenging- og fortynningssystemene svikter.

- **Holde konsentrasjonen av brennbar gass under det minste eksplosjonstrykket**

Alt brannfarlig materiale har et minstetrykk der en eksplosjon ikke kan opprettholdes under. Hvis trykket i innløpet til vakuumpumpen kan holdes sikkert under dette trykket, vil ikke antenner som starter i vakuumpumpen, kunne spre seg til innløpet. Det må imidlertid tas forholdsregler for vakuumpumpens utløp.

Forholdsregler som typisk er nødvendig for strengt å utestenge luft fra prosess- og pumpesystemet er som følger:

- **Eliminering av luftlekkasjer**

Bruk en lekkasjedetektor eller foreta en trykkøkningstest. Før man slipper brennbare materialer inn i prosesskammeret, kan man utføre en test for å stadfeste at luft(oksygen)lekkasjen inn i vakuumsystemet er innenfor de tillatte grensene.

For å foreta en trykkøkningstest evakueres det tomme prosesskammeret til et trykk like under normalt driftstrykk, og isoleres deretter fra vakuumpumpen. Trykket i prosesskammeret registreres deretter over en fast tidsperiode. Da volumet til prosesskammeret er kjent sammen med maksimum tillatt luftlekkasje, er det mulig å beregne en maksimum tillatt trykkøkning som kan inntreffe over den faste tidsperioden. Hvis denne maksimale trykkgrensen overskrides, må det iverksettes tiltak for å tette kilden til luft(oksygen)lekkasjen inn i prosesskammeret. Testen må deretter gjentas med vellykket resultat før det er tillatt å tilsette brennbare materialer i prosesskammeret.

I enkelte tilfeller kan evnen vakuumsystemet har til å oppnå godt grunntrykk brukes til å indikere systemets lekkasjetetthet.

- **Fjern all luft fra systemet før du starter prosessen**

Før brennbar gass tilføres prosessen, skal systemet evakueres helt og/eller spyles med inert gass (som for eksempel nitrogen) for å fjerne all luft fra systemet. På slutten av prosessen gjentar man denne prosedyren for å fjerne eventuell brannfarlig gass før systemet til slutt ventileres til atmosfære.

- **For tørrvakuumpumper**

Forsikre deg om at eventuell aksel- eller spyletetningsgass ikke under noen som helst omstendighet kan leveres eller kontamineres med luft, og sørg for at eventuell gassballaståpning enten er forseglet eller kun brukes til å innføre inert gass.

- **For våtvakuumpumper (f.eks. pumper med roterende stempel eller roterende skovlhjul)**

Vedlikehold akseltetningene i henhold til produsentens instruksjoner, og bruk et pumpet og trykksatt oljesmøresystem med en alarmindikering for tap av oljetrykk. Dette systemet kan bestå av et eksternt utstyr for å sørge for filtrert og trykksatt

smøreolje, med en trykkbryter. Forsikre deg om at en eventuell ballaståpning enten er forseglet eller kun brukes til å innføre inert gass. Sørg for tilstrekkelig spyling av inert gass til oljeboksen, for å fjerne luft før prosessen starter.

- **For roots vakuumpumper**

Vedlikehold den primære drivakseltetningen i henhold til produsentens instruksjoner, og forsikre deg om at eventuelle spyle- eller luftetilkoblinger kun kan brukes til å innføre inert gass.

- **Revers strømming**

Forsikre deg om at systemets driftsprosedyrer og fasiliteter beskytter systemet mot eventuell luftstrømming som kan skyldes feil på pumpen. Forsikre deg om at eventuelle pumpede brennbare gasser avhendes på en sikker måte ved det siste avtrekket fra pumpeutløpet. Sørg for at det ikke kan stige brennbare gassblandinger i utløpsrøret ved å bruke egnet inert spyling av rørledningene før start av, og etter at prosessen med den brannfarlige gassen er ferdig, og ved å bruke tilstrekkelig inert gasspyling under drift for å hindre turbulent tilbakeblanding av luft i utløpet.

6.6 Nivåer med systemintegritet

Beskyttelsesmetoder ved hjelp av inert gassfortynning er behandlet i tidligere avsnitt. Prinsippet med metoden er at du blander en inert gass (vanligvis nitrogen) med dine prosessgasser for å tynne dem ut til en nivå hvor en eksplosjon eller reaksjon ikke kan inntreffe. Når du bruker gassfortynning som et primært sikkerhetssystem for å beskytte mot mulig eksplosjon, kan det hende at du trenger en høy integritets alarm- og forriglingsystem for å hindre drift av systemet når gassfortynningssystemet ikke er i drift.

Gassfortynningssystemets integritet skal evalueres i risikovurderingen (fareanalyse), og vil avhenge av den interne soneinndelingen (dvs. risikonivå) som vil bli resultatet hvis fortynningssystemet svikter. Gjeldende beste praksis skal alltid brukes ved denne risikovurderingen for å fastslå hva som er nødvendig for at systemet skal være i topp stand.

Hvis det for eksempel ble brukt et fortynningssystem for å opprettholde en konsentrasjon av brennbar gass utenfor den brannfarlige sonen og resultatet av fortynningsfeilen ville være at den pumpede gassen ville være inne i den brannfarlige sonen kontinuerlig eller i lange perioder (typisk ville ATEX-sone 0-krav vurdere >50 %), må fortynningssystemet oppfylle ett av følgende punkter:

- Det må være feilsikkert selv i tilfeller med sjelden funksjonsfeil.
- Det må være sikkert med to feil til stede.
- Det må bestå av to uavhengige fortynningsforsyningssystemer.

Alternativt, hvis resultatet av feilen på fortynningssystemet vil være at den pumpede gassen vil være inne i den brannfarlige sonen av og til (typisk en ATEX-sone 1-tilstand), må fortynningssystemet oppfylle ett av følgende punkter:

- Det må være feilsikkert selv i tilfeller med forventet funksjonsfeil.
- Det må være sikkert med én feil til stede.

Hvis resultatet av feilen på fortynningssystemet er at den pumpede gassen sannsynligvis ikke vil komme inn i den brannfarlige sonen, men kan gjøre det bare i korte perioder (typisk en ATEX-sone 2-tilstand), må fortynningssystemet være sikkert i normal drift.

6.7 Bruk av beskyttelsessystem med flammestopper

Hvis blandingen av pumpede gasser og damper er brannfarlig (se Unngå den brennbare sonen Unngå den brannfarlige sonen [Unngå den brannfarlige sonen](#) på side 20) kontinuerlig eller i lange perioder (dvs. sone 0-tilstand), og hvis det er fare for at en antenningskilde (se Antenningskilder Antenningskilde [Antenningskilde](#) på side 24) blir aktiv under normal drift eller forutsigelig feilfunksjon, må du montere flammestoppere i henhold til kravene til primærpumpen (se også [Flammestoppere](#) på side 30). Tredjepart sertifisering er anskaffet for bruk av spesifikke flammestoppere med vakuumpumper fra Edwards, som viser sin evne til å hindre at flammene overføres langs prosessrøropplegg eller inn i atmosfæren rundt.

Der den brannfarlige blandingen er til stede i lange perioder, må det installeres en godkjent og testet temperatursender på flammestopperen i innløpet for å oppdage en kontinuerlig brann. Hvis en kontinuerlig brann oppdages, må pumpen skrues av og isoleres fra brenselskilden. Kontakt Edwards for råd om godkjente flammestoppere og temperatursendere. For å beskytte flammestopperen og pumpen termisk under sjeldne feilfunksjoner (sone 0) i pumpen, må det monteres en temperatursender i pumpeutløpet. Utkoblingspunkter avhenger av pumpe-systemer. Se den relevante ATEX-håndboken for pumpen.

Hvis en temperatursender i innløpet eller utløpet når øverste grense og angir en feiltilstand, må det iverksettes egnede tiltak. Dette avhenger av applikasjonen, men kan omfatte:

- **Stopp av drivstofftilførselen** - Lukking av ventilen på inntaket til vakuumpumpen vil hindre tilførsel av drivstoff til vakuumpumpen.
- **Stopp av antenningskilden** - Stopp av vakuumpumpen ved å slå av strømmen til motoren.
- **Inerting av brannområdet** - Rask tilsetning av inert gass i brannområdet (typisk, men ikke alltid plassert i utløpsmanifolden til pumpen), vil eliminere flammen. Vær oppmerksom på at en flamme kan antenne på nytt hvis antenningskilden ikke fjernes.

6.8 Antenningskilde

Der vakuumpumper brukes til å pumpe brannfarlige blandinger, må du vurdere alle mulige antenningskilder. Nedenfor finner du noen vurderingsområder som du kan bruke som en del av en gjennomgang. Avhengig av prosessen kan du kanskje unngå noen eller alle antenningskilder. Hvis du ikke klarer å unngå antenningskilden på grunn av prosessstilstanden eller et systemkrav, må du konstruere systemet deretter.

Merk:

Pumper fra Edwards er sertifisert av tredjepart for å bekrefte at (hvis riktig brukt) de vil inneholde en indre eksplosjon.

- **Mekanisk kontakt** - Mekanisk kontakt mellom roterende og stasjonære deler i vakuumpumpen og systemet kan gi en antenningskilde. Alle vakuumpumper fra Edwards er konstruert og bygd for å opprettholde riktige løpende klaringer i pumpen under alle driftstilstander. For å unngå denne antenningskilden er det viktig å unngå avsetning av materialer på de innvendige overflatene eller rengjøre pumpen. Lagrene må holdes i god stand, ha tilstrekkelig smurning og egnet spylegass for å eliminere kontakt med prosessgasser. Det anbefalte vedlikeholdsregimet for lagrene må følges for å ivareta sikker og pålitelig drift.
- **Innføring av partikler** - Alle pumpemekanismer har potensial til å føre inn partikler som er blitt dannet av prosessen, eller som er et resultat av systemets

produksjonsprosess. Når disse rulles mellom en bevegelig og en statisk flate, kan det genereres varme. En egnet innløpsskjerm (gitter) eller et filter vil forhindre inntrengning av partikler i vakuumpumpen for å redusere størrelsen og volumet på partikler til en sikker mengde. Påse at det finnes en egnet vedlikeholdsplan for innløpsskjermen.

- **Oppsamling av støv** - Det kan samle seg opp fint, komprimert støv i de innvendige åpningene der en pumpemekanisme er plassert på en støvgenereringsprosess. Selv ved bruk av innløpsstøvfiltre kan fortsatt små støvpartikler komme inn i pumpen. Med små dimensjonale endringer på grunn av termiske endringer, kan kompakt støv berøre en bevegelig flate og danne varme.
- **Kompresjonsvarme (selvantemming)** - Den interne kompresjonsvarmen i en kompressor må vurderes i forhold til selvantemmingstemperaturen til hvilken som helst gass eller damp som pumpes. Du må påse at pumpen har en temperaturklassifisering som er minst den samme som eller høyere enn gassene du pumper.
- **Varme overflater** - Der brennbare gasser eller damp kan komme i kontakt med en varm overflate, kan de antenne hvis den automatiske antenningstemperaturen overskrides. Merk: Edwards pumper og flammestoppere skal ikke isoleres termisk hvis dette kan føre til økte overflatetemperaturer intern (og ekstern) som fører til automatisk antenning.
- **Eksternt tilført varme** - Eksternt tilført varme kan forekomme ved for eksempel brann i området rundt vakuumpumpen. Under disse forholdene er det mulig å generere interne trykk over maks. statisk trykk til systemet, og temperaturer over den automatiske antenningstemperaturen. Dette skal vurderes som en del av systemets fareanalyse.
- **Varm prosessgassstrøm** - Høy temperatur på inntaksgassen kan føre til at indre (eller ytre) overflater overskrider selvantemmingstemperaturen til materialene som pumpes. Innløpsgass med høy temperatur kan også føre til fastkjøring av rotor/stator. Se vakuumpumpehåndboken for største tillatte interngasstemperaturer. Kontakt Edwards for ytterligere råd.
- **Katalytisk reaksjon** - Nærvær av visse materialer kan føre til katalytisk antenning. Alle konstruksjonsmaterialene i vakuumsystemet skal vurderes med tanke på deres potensiale for å fungere på denne måten med de pumpede gassene eller dampene.
- **Selvantenningsreaksjon** - Forbrenningsvarmen fra selvantennelige materialer forårsaket av luft- eller oksidantinntak kan fungere som en antenningskilde for brannfarlig materiale. Se [Selvantennelige materialer](#) på side 11.
- **Statisk elektrisitet** - Det kan oppstå visse forhold hvor det kan bygge seg opp statisk elektrisitet på isolerte komponenter før den avgis til jord i form av en gnist. Muligheten for statisk oppbygging bør vurderes som en del av systemkonstruksjonen.
- **Lyn** - Ved plassering utendørs kan et lynnedslag gi antenningsenergi. Muligheten for at dette kan skje bør vurderes som en del av systemdesignen.

6.9 Sammendrag - systemdesign

For å konstruere sikre vakuumpumpesystemer må det tas hensyn til følgende punkter. Avhengig av bruksområde kan andre punkter også være relevante.

- Hvis du pumper farlige materialer, må du konstruere systemet slik at det koble seg over til sikker tilstand.
- Bruk PFPE (perfluoropolyeter) smurninger i pumper når du pumpe oksidanter.

- Der inert gass brukes til å redusere konsentrasjonen av den brennbare gassen under den nedre eksplosjons- eller brennbarhetsgrensen eller under minst eller nedre oksidantkonsentrasjon, må du sørge for inertgasstilførselens integritet.
- Konsentrasjonen kan også holdes over øvre eksplosjons- eller brennbarhetsgrense, men det må iverksettes egnede sikkerhetstiltak for å påse at konsentrasjonen ikke kan falle inn i det brannfarlige området.
- Lekkasetest systemer og utstyr for å sikre påkrevd lekkasjetetthet før bruk.
- Tynn ut selvantennelige gasser til sikre nivåer med en inert gass før gassene slippes ut i atmosfæren eller blandes med oksidantgasser.
- Du må ikke tillate kontakt mellom natriumazid og tungmetaller noe som helst sted i systemets gassbane.
- Du må ikke tillate at systemets maksimumstrykk overskrider det individuelle sikkerhetsnivået til noen enkeltdel i systemet.
- Du må alltid følge sikkerhetsinformasjonen som følger med stoffene du skal pumpe.
- Vurder bruken av tørrpumper i stedet for oljeforseglede roterende skovlhjul- eller stempelpumper hvor det er fare forbundet med oljen i volumet som fraktes.
- Der det brukes vakuumpumper fra Edwards til å pumpe potensielt brennbare blandinger, må du vurdere alle mulige antenningskilder og den potensielle konsekvensen av en mulig eksplosjon.

7. Riktig valg av utstyr

For å være sikker på at du velger riktig utstyr til applikasjonen, må du vurdere grensene som du vil at systemet skal operere innenfor. De tekniske spesifikasjonene for Edwards-utstyr står i produktkatalogen, markedsføringspublikasjonene og instruksjonshåndboken til utstyret. Mer informasjon er vanligvis tilgjengelig på forespørsel. Ta kontakt med Edwards for mer informasjon.

Når du designer vakuumsystemet ditt, må du ta de relevante mekaniske pumpeparametrene i betraktning, for eksempel:

- Maksimum statisk trykk (inntak og utløp)
- Maksimum inntakstrykk ved drift
- Maksimum utløpstrykk ved drift
- Inntaks- og utløpskomponentenes ledeevne
- Trykkspesifikasjon til andre komponenter som er montert på pumpen
- Trykkovervåking i tilfelle utløpsledningen blir blokkert.

For oljeforseglede roterende skovl- og stempelpumper må du også vurdere for eksempel:

- Gassballastens strømningshastighet
- Oljeboksens spylestrømningshastighet
- Gasser og damp som er fanget i oljeboksen
- Gass og damp som er absorbert i oljen i oljeboksen.

Maksimalt statisk trykk definerer maksimumstrykket som en inntaks- eller utløpstilkobling av en pumpe kan utsettes for når pumpen ikke er i drift. Trykket er avhengig av den mekaniske designen til pumpen.

Oljeforseglede roterende skovl- og stempelpumper er konstruert for å operere med inntakstrykk ved eller under atmosfærisk trykk og, selv om maks. statisk trykkklassifisering kan være over atmosfærisk trykk, må ikke maks. inntakstrykk til pumpen når den er i funksjon gå over det atmosfæriske trykket. Enkelte produsenter begrenser kontinuerlig inntakstrykk til sine pumper til under atmosfæretrykk. Maks. inntakstrykk med pumpen i drift refereres til som maksimum driftstrykk.

Årsaken til at maksimum driftstrykk er begrenset, er ikke nødvendigvis relatert til at pumpen er mekanisk feilfri. Maksimumstrykket er vanligvis proporsjonalt med pumpens nominelle effekt ved høye inntakstrykk, og er knyttet til den potensielle faren for overoppheting av de mekaniske komponentene til pumpen eller den elektriske motoren.

Av lignende årsaker anbefaler vi at du opprettholder uttakstrykket i vakuumpumpen så lavt som mulig (typisk på eller under 0,15 bar gauge, $1,15 \times 10^5$ Pa, for kontinuerlig drift). Pumpene er konstruert for å operere med ubegrenset utløp og et uttakstrykk på 0,15 bar gauge ($1,15 \times 10^5$ Pa) er vanligvis tilstrekkelig for å drive utløpsgass gjennom utløpsuttrekksystemet og behandlingssystemet.

7.1 Oljeforseglede roterende skovl- og stempelpumper

Edwards oljeforseglede roterende pumper omfatter seriene E1M, E2M, ES og RV roterende skovlpumper, og Stokes Microvac-serien oljeforseglede stempelpumper. Generelt er alle vakuumpumper konstruert for å drives med inntakstrykk under atmosfærisk trykk og med pumpeutløpet fritt ventilert til atmosfæren.

Oljeforseglede roterende skovlhjuls- eller stempelpumper er positive stempelkompressorer og kan generere svært høye utløpstrykk hvis utgangen er blokkert eller avgrenset. I disse tilfellene kan trykkene overskride det sikre statiske trykket til pumpens oljeboks, og ofte de sikre statiske trykkene til nedstrøms komponenter i systemet (som f.eks. polypropylenskrubbere eller vakuum O-ringskjøter). Edwards anbefaler derfor på det sterkeste at du monterer en trykksensor av høy integritet i pumpeutløpsledningen.

For å oppnå et sikkert fortynningsnivå kan gassballasten utvides med en oljeboksspyling (hvor denne funksjonen er tilgjengelig) som kobles til oljeboksen på pumpen. En økning i gassballasten og oljeboksspylingens strømningshastigheter øker mengden olje som fraktes over utløpssystemet.

Alle oljeforseglede pumper fra Edwards har betydelige oljeboksvolumer som kan holde på brennbare og eksplosive gassblandinger. Oljen i oljeboksen kan effektivt absorbere eller kondensere damp og gassholdige biprodukter. Dampen og gassen fanges som fanges i oljen kan være selvantennelig eller giftig. Derfor må du ha spesielle prosedyrer for håndtering for å garantere sikkerheten under vedlikehold.

7.2 Tørrpumper fra Edwards

Maksimum driftstrykk er begrenset av de samme faktorene som påvirker oljeforseglede pumper (det vil si, den potensielle faren for overoppheting av de mekaniske komponentene til pumpen eller den elektriske motoren).

Tørrpumper fra Edwards er positive forskyvningskompressorer, og kan generere høye utløpstrykk. Når pumpene er montert inn i et system hvor prosessen kan føre til faststoff biprodukter (og dermed kan det oppstå en blokkering i utløpsledningen), anbefaler Edwards på det sterkeste at du monterer en høyintegritets utløpstrykkmonitor. Se i instruksjonshåndboken til pumpen vedrørende driftstrykkene som bryterne skal stilles inn på.

Tørrpumper fra Edwards har mulighet for høy-gjennomstrømnings gassballast. Det kan legges til en fortynningsgass som f.eks. nitrogen i pumpemekanismen for å optimalisere reaksjonsundertrykkningen. Se pumpehåndboken for strømningshastigheter for gasspyling.

7.3 Rørkonstruksjon

7.3.1 Belger

Belger er korte, tynnveggede komponenter med dype folder. De brukes til å redusere overføringen av vibrasjon fra en pumpe til vakuumsystemet.

Installer alltid belger på en rett linje med begge endene stivt begrenset. Når belger er installert riktig, tåler de et lite positivt indre trykk (se instruksjonshåndboken som fulgte med belger for mer informasjon). Ikke bruk belger på tørre pumpeutløp. Bruk flettede fleksible rør (se [Fleksible rør](#) på side 28).

Vurder muligheten for tretthetsfeil på belger når de brukes på hyppige syklusapplikasjoner.

7.3.2 Fleksible rør

Fleksible rør har en tykkere veggdel og grunnere folder enn belger. Fleksible rør gir en mer hensiktsmessig metode for å koble til vakuumsystemkomponenter, og bidrar til å kompensere for feilinnretting eller små bevegelser i stive vakuumsrør. Fleksible rør kan formes til relativt skarpe bend, og vil beholde sin posisjon.

Fleksible rør er beregnet for installasjon i statiske systemer. De er ikke egnet for gjentatt bøying som kan forårsake tretthetsfeil.

Når du bruker et fleksibelt rør, bruker du så kort lengde som mulig og unngår unødvendige bend. For bruksområder der høye utløpstrykk kan forekomme, bør det brukes flettede fleksible rør.

Flettede fleksible rør er belger med et utvendig beskyttelseslag i vevd flette i rustfritt stål. Når du installerer et flettet fleksibelt rør, må du være oppmerksom på minimum bøyeradius som er angitt i instruksjonshåndboken som fulgte med det flettede fleksible røret.

7.3.3 Forankringspunkter

Du må forankre rørene og rørkomponentene riktig. Hvis du for eksempel forankrer belger feil, vil de ikke redusere vibrasjonen som genereres av pumpen, og dette kan føre til tretthet i rørene.

7.3.4 Tetninger

Der det kan oppstå positive trykk i en eller annen del av vakuumsystemet (også under feiltilstander), må du bruke egnede tetningstyper og -materialer som tåler forventet vakuum og de positive trykkene.

7.4 Beskyttelse mot fysisk overtrykk

Som tidligere nevnt kan overtrykk skyldes en begrensning eller blokkering i systemet eller i en av komponentene. Overtrykket kan oppstå på grunn av en strøm med komprimert gass fra pumpen eller fra de eksterne komprimerte gasstilførslene (for eksempel de for et fortynningsystem). Det finnes to hovedmetoder å beskytte systemet mot overtrykk, nemlig trykkavlastning og overtrykksalarm/utløsning. Dette beskrives i de følgende avsnittene.

7.4.1 Trykkavlastning

Du kan bruke bruddskiver eller trykkavlastningsventiler til å slippe ut et overtrykk. Driftstrykket til enheten må være under designtrykkklassifiseringen til systemet. Du må koble disse enhetene med egnede rør til et område hvor det er sikkert å luften prosessgassene, og som ikke har ventileringsrestriksjoner. Hvis prosessen din produserer faste biprodukter, må trykkavlastningsenheten undersøkes regelmessig for å sikre at de ikke er blokkert eller begrenset. Konstruksjonen av slike beskyttelsesenheter må ta hensyn til hvilken effekt trykkpulseringer har på utmattingslevetiden til bruddskiver eller ventilens levetid.

7.4.2 Overtrykksalarm/utløsning

Denne beskyttelsesmetoden brukes ofte av Edwards. Denne typen beskyttelse anbefales for et hvilket som helst system, men er ikke nødvendigvis egnet for systemer som produserer faste biprodukter.

7.4.3 Trykkregulatorer

Trykkregulatorene består av to hovedtyper: ventilerende og ikke-ventilerende.

Ventilerende regulatorer ventilerer gass til atmosfæren eller til en separat lufterledning for å opprettholde et konstant utløpstrykk når det ikke er noen strømning. Ventilerende regulatorer brukes generelt der det er av avgjørende viktighet at røret er helt.

Ikke-ventilerende regulatorer kan kun beholde et konstant utløpstrykk under strømningsforhold.

Under forhold uten strømning kan utløpstrykket til enkelte regulatorer øke til nivået for tilførselstrykket. Stigningshastigheten er avhengig av regulatorens karakteristikk og volumet som utløpet er koblet til. Stigningen kan ta fra noen få minutter til flere måneder.

Trykkregulatorer er ikke konstruert for å være stengeventiler, og må brukes sammen med en egnet skillebryterenhet (som f.eks. en magnetventil) når isolasjon er påkrevet. Alternativt kan du iverksette tiltak for å ventilere overskytende trykk på en sikker måte.

7.4.4 Flammestoppere

Flammestoppere er ikke eksplosjonsforebyggende enheter. De er konstruert for å hindre at en flammefront sprer seg langs et rør eller en kanal (se [Bruk av beskyttelsessystem med flammestopper](#) på side 24). Flammestoppere sørger for et stort overflateområde og små ledeåpninger til flammefronten, og fører dermed til at flammen kveles. Generelt er flammestoppere kun egnet for bruk i systemer som brukes for rene gasser eller damp.

Den eksplosive energien i gassblandinger øker med trykket. De fleste flammestoppere er konstruert for å beskytte områder hvor det innvendige trykket ikke overskrider atmosfæretrykket. Du må forsikre deg om at driftstrykket i utløpsavtrekksystemet som fører opp til flammestopperen ikke overskrider største driftstrykk. Men største tillatte trykk for flammestoppere som er sertifisert til bruk med tørrvakuumpumper fra Edwards Chemical, er angitt i ATEX-instruksjonshåndboken. Du må også vurdere største tillatte mottrykk for vakuumpumpen.

Flammestoppere opererer ved å fjerne forbrenningsvarmen fra flammefronten, og derfor ha en maksimal sikker driftstemperatur. Denne temperaturen må ikke overskrides som følge av varmeledning, isolasjon eller ved at temperaturen til gasstrømmen passerer gjennom dem.

Evnen en flammestopper har til å stoppe en flamme avhenger av flammefrontens hastighet, som i sin tur er avhengig av avstanden fra antenningskilden. Når de brukes sammen med vakuumpumper fra Edwards Chemical skal de være nær koblet til inntaket og utløpet. Bruk av albuer og T-stykker mellom pumpen og stopperen kan aksepteres for visse pumper under visse forhold. Ta kontakt med Edwards for råd.

7.5 Spylesystemer

Inerte gassspylesystemer kan monteres på utstyret for å fjerne prosessgass som er igjen i systemet etter at en prosessyklus er ferdig.

Riktig bruk av spyling kan sikre at korroderende produkter fjernes, noe som hindrer at de skader pumpen og enda viktigere at de skader beskyttelsessystemer som for eksempel flammestoppere. I tillegg garanterer fjerning av prosessgasser at det ikke oppstår uønskede og potensielt farlige kjemiske reaksjoner mellom materialer som brukes på forskjellige prosessykluser.

7.6 Sammendrag - Riktig valg av utstyr

- Velg riktig utstyr til din applikasjon.
- Monter inn alle egnede sikkerhetsenheter som er nødvendig for å garantere sikkerheten i tilfelle feil.
- Eliminering av stillestående volumer.
- Forsikre deg om at systemet er riktig styrt og regulert.
- Monter trykkavlastningsenheter ved behov.

- Bruk flammestoppere ved behov.
- Lekkasjetest systemer og utstyr før bruk.

8. Driftsprosedyrer og opplæring

Utstyrets driftssikkerhet krever riktig opplæring, tydelige og konsistente instruksjoner og regelmessig vedlikehold. Det er viktig at alt personell som bruker vakuumutstyr er tilstrekkelig utdannet, kvalifisert og eventuelt overvåket.

Hvis du er usikker vedrørende detaljer om driften eller sikkerheten som angår Edwards-utstyr, må du kontakte oss for å få hjelp.

9. Sammendrag

- Utfør en risikovurdering for å identifisere og eventuelt eliminere og i hvert fall redusere alle farer. Dette må utføres for design, konstruksjon, idriftsetting, bruk, vedlikehold og utrangering av vakuumsystemet.
- Vurder alle mulige kjemiske reaksjoner i systemet. Ta unormale kjemiske reaksjoner med i betraktning, inkludert de som kan oppstå under feiltilstander.
- Se sikkerhetsdatabladene når du vurderer de potensielle farene som er forbundet med prosessmaterialet du skal bruke.
- Bruk fortynningsteknikker for å minimere reaksjoner med oksidanter og brennbare materialer.
- Bruk riktig type smøremiddel i pumpen når du pumper oksidanter eller pyroforme materialer.
- Ikke bruk tungmetaller i gassbanen til pumpeystemet hvis prosessen produserer eller bruker natriumazid.
- Når du gjør sikkerhetsberegninger, må du vurdere sikkert arbeidstrykk for alle systemkomponentene. Forsikre deg om at du også tar hensyn til unormale forhold og feil.
- Påse at du bruker en trykkavlastingsenhet av korrekt type og at de er riktig klassifisert for applikasjonen.
- Sørg for at utløpsblokkeringer ikke kan forekomme.
- Påse at fortynningsgassene er korrekt justert og overvåket.
- Hvis du pumper farlige materialer, må du konstruere systemet slik at det kobles seg over til sikker tilstand.
- Bruk PFPE (perfluoropolyeter)-olje og -smøremidler når du pumper oksidanter.
- Bruk en inert gass til å fortenne brennbar og selvantennelig gass til sikre nivåer, eller påse at du holder deg over den øvre brennbarhets-/eksplosjonsgrensen, idet det tas hensyn til egnede sikkerhetsfaktorer under alle prosessforhold, herunder feil.
- Du må ikke tillate at systemets maksimumstrykk overskrider den maksimale trykklassifisering til noen enkeltdel i systemet.
- Vurder bruken av tørrpumper i stedet for oljeforseglede hvor det er fare forbundet med oljen i volumet som fraktes.
- Eliminer stillestående volumer.
- Forsikre deg om at systemet er riktig styrt og regulert.
- Bruk flammestoppere ved behov.
- Lekkasjetest systemer og utstyr før bruk.

