



Vakuumpumper og vakuumsystemer

SIKKERHEDSHÅNDBOG

Copyright-oplysninger

©Edwards Limited 2019. Alle rettigheder forbeholdes.

Indholdsfortegnelse

1. Indledning.	5
1.1 Omfang af denne udgave.	5
1.2 Eksplosionsfare.	5
2. Når farer opstår.	7
2.1 Konstruktion.	7
2.2 Konstruktion.	7
2.3 Drift/idriftsætning.	8
2.4 Vedligeholdelse/udrangering.	8
3. Kemiske risici.	9
3.1 Kemiske reaktioner og eksplosioner.	9
3.1.1 Homogene reaktioner.	9
3.1.2 Heterogene reaktioner.	9
3.2 Problemer med unormale reaktioner.	9
3.3 Eksplosionsfarer.	10
3.3.1 Oxidanter.	10
3.3.2 Brændbare/eksplosive materialer.	11
3.3.3 Selvantændelige materialer.	11
3.3.4 Natriumazid.	12
3.4 Giftige eller ætsende materialer.	12
3.4.1 Giftige materialer.	12
3.4.2 Ætsende materialer.	13
3.5 Oversigt - kemiske risici.	14
4. Fysiske risici.	15
4.1 Overtryksrisici.	15
4.2 Overtryk i pumpens udstødning.	15
4.3 Beskyttelse mod overtryk i udstødningen.	15
4.4 Overtryk ved indgang.	16
4.4.1 Komprimeret gastilførsel og bagtryk.	16
4.4.2 Ukorrekt brug af pumpen.	16
4.5 Oversigt - fysiske risici.	17
5. Risikoanalyse.	18
6. Systemkonstruktion.	19
6.1 Trykområder i et system.	19
6.2 Eliminering af stillestående volumener.	19
6.3 Udstødningssystemer.	20
6.4 Potentielt eksplosive gasser eller dampblandinger.	20

6.5	Sådan undgås den brandfarlige zone.	21
6.6	Systemets integritetsniveauer.	23
6.7	Brug af flammestoppere som beskyttelsessystemer.	24
6.8	Antændingskilder.	24
6.9	Oversigt - systemkonstruktion.	25
7.	Det korrekte valg af udstyr.	27
7.1	Olieforseglede rotations- og stempelpumper.	27
7.2	Edwards-tørpumper.	28
7.3	Konstruktion af rørsystem.	28
7.3.1	Bælge.	28
7.3.2	Fleksible rør.	28
7.3.3	Ankerpunkter.	29
7.3.4	Forseglinger.	29
7.4	Fysisk overtryksbeskyttelse.	29
7.4.1	Trykudligning.	29
7.4.2	Overtryksalarm/-udløser.	29
7.4.3	Trykregulatorer.	29
7.4.4	Flammestoppere.	30
7.5	Rensningssystemer.	30
7.6	Oversigt - det korrekte valg af udstyr.	30
8.	Driftsprocedurer og uddannelse.	32
9.	Oversigt.	33

Edwards Ltd. fralægger sig ethvert og alt ansvar og enhver garanti af enhver art vedrørende nøjagtigheden, brugen, sikkerheden og resultaterne af de oplysninger, procedurer eller deres anvendelser, der er beskrevet heri. Edwards Ltd påtager sig intet ansvar for tab eller skaber, der opstår som følge af den lid, som sættes til de oplysninger, der findes i denne præsentation, eller de anførte oplysninger værende forkerte eller ufuldstændige i nogen henseende. Bemærk, at de oplysninger, der findes heri, kun er rådgivende, og, selvom Edwards kan vejlede i forhold til de potentielle risici ved brugen af farlige materialer, er det slutbrugerens ansvar at foretage en risikovurdering/risikoanalyse, som er specifik for slutbrugerens drift og miljø, samt at overholde lovmæssige bestemmelser.

1. Indledning

1.1 Omfang af denne udgave

Dette dokument indeholder sikkerhedsoplysninger vedrørende specifikation, konstruktion, drift og vedligeholdelse af vakuumpumper og vakuumsystemer.

Dokumentet beskriver nogle af de potentielle risici, der kan opstå, og vejleder om de aktiviteter, der kan minimere sandsynligheden for sikkerhedsrisici og sikre passende tiltag, hvis der skulle opstå farer.

Dette dokument skal gennemlæses af alle, der beskriver, konstruerer, installerer, betjener eller vedligeholder vakuumpumper og vakuumsystemer. Vi anbefaler, at det læses sammen med:

- De betjeningsvejledninger, der hører til udstyret
- Oplysninger fra leverandørerne af produktionsgasser og kemikalier
- Oplysninger fra sikkerhedsafdelingen.



ADVARSEL:

Manglende overholdelse af de sikkerhedsvejledninger, der er anført i denne vejledning og i den relevante betjeningsvejledning til pumpen, kan medføre alvorlig kvæstelse eller død.

Hvis det er nødvendigt med flere oplysninger om Edwards-produkters egnethed til det aktuelle produktionsbehov, eller om sikkerhedsspørgsmål i forbindelse med vakuumpumper eller vakuumsystemer, er man altid velkommen til at kontakte forhandleren eller Edwards.

1.2 Eksplosionsfare

Bemærk:

Der er Edwards-pumper tilgængelige, der overholder det europæiske ATEX-direktiv for udstyr, der bruges i potentielt eksplosive atmosfærer.

Pludselige eksplosioner forårsages altid af en fravigelse fra sikkerhedsretningslinjerne. Ikke desto mindre har nogle af eksplosionerne været meget voldsomme og kunne have forårsaget alvorlig personskade eller død.

Almindelige årsager til, at der opstår voldsomme skader på en komponent i et vakuumsystem, er antændelse af brændbare materialer, eller hvis pumpeudstødningen bliver blokeret eller begrænset. For at undgå disse farer bør man være særligt opmærksom på følgende for hjælpe med til at sikre forsvarlig drift af vakuumpumperne og -systemerne.

- Medmindre systemet er konstrueret til pumpning af materiale ved koncentrationer, hvor det kunne antændes i vakuumpumpen, skal det sikres, at blandinger af brændbare materialer eller oxidanter holdes uden for det brandfarlige område. Brugen af inert rensning er én metode til at opnå dette. Se (Sådan undgås den brandfarlige zone) Sådan undgås den brandfarlige zone [Sådan undgås den brandfarlige zone](#) på side 21.
- Sørg for, at udstødningen ikke kan blokeres under drift, enten af mekaniske komponenter (for eksempel ventiler eller emner), behandlede materialer eller

biprodukter, der sætter sig i rør, filtre og andre udstødningskomponenter, medmindre systemet er blevet konstrueret til at kunne klare dette.

- Brug kun PFPE-olier (perfluoropolyether) på de steder på pumpens mekanismer, der udsættes for høje koncentrationer af ilt og andre oxidanter. Andre typer olier, der sælges som "ikke-brændbare" er måske kun egnede til brug med oxidantkoncentrationer op til 30 % v/v.
- Sørg for, at der ikke kan forekomme utilsigtet overtryk i et forsætligt lukket og isoleret vakuumsystem, for eksempel pga. en fejl i en trykregulator eller et rensestyresystem.
- Når det pumpede produkt kan reagere voldsomt med vand, anbefales det, at der anvendes et andet kølemateriale end vand (for eksempel varmeoverførende væske) i kølingskredsløbet. Kontakt Edwards for rådgivning.

2. Når farer opstår

Der kan opstå farer i alle faser af et systems levetid. Disse faser er:

- Konstruktion
- Konstruktion
- Drift/idriftsætning
- Vedligeholdelse/udrangering.

De problemtyper, der opstår i hver fase, er kort beskrevet nedenfor. I alle tilfælde skal man være klar over, at man kun kan reducere farerne i systemet, hvis man har en grundig forståelse for udstyret og processen/anvendelsen i systemet. I alle tvivlstilfælde skal man kontakte leverandøren for at få flere oplysninger eller rådgivning.

2.1 Konstruktion

Når man konstruerer et system, skal man vælge den korrekte type udstyr til formålet. Man skal tage hensyn til:

- Udstyrets tekniske specifikation
- De materialer, der skal bruges til opbygning af udstyret
- De forbrugsstoffer, som udstyret skal bruge (såsom smøremidler og produktionsvæsker)
- Produktionsforhold og materialer.

Man skal også tage højde for udstyrets overordnede egnethed til formålet og sikre, at det altid bliver brugt under de specificerede driftsbetingelser.

Man skal sørge for konstruktionsprocedurer, der sikrer, at fejlkonstruktioner reduceres til et minimum. Sådanne procedurer bør omfatte et uafhængigt tjek af konstruktionskalkulationerne så vel som en undersøgelse af konstruktionsparametrene.

Risikoanalyse skal altid være en del af konstruktionsgennemgangen. Man kan eliminere mange potentielle risici ved at være meget omhyggelig med, hvad udstyret skal bruges til i systemet.

2.2 Konstruktion

Reducer sandsynligheden for farlige situationer under opbygningen ved at sørge for, at der bruges veluddannet og kvalificeret personale og kvalitetssikringsprocedurer. Veluddannet personale er bekendt med de korrekte komponenter, der skal bruges under opbygningen, og er også i stand til at finde fejl og dårligt producerede komponenter og udstyr. Kvalitetssikringsprocedurer kan hjælpe med til at identificere og korrigere dårligt håndværk og sikre, at konstruktionsbeskrivelsen overholdes strengt.

Personalet skal være ekstra opmærksomme og overholde alle sikkerhedsforskrifter, når de installerer nyt udstyr i et system, hvor giftige, ætsende, brændbare, kvælningsfremkaldende, selvantændelige eller andre farlige stoffer er blevet pumpet, produceret eller stadig findes.

Elektrisk udstyr skal installeres af veluddannet/kvalificeret personale i overensstemmelse med alle gældende lokale og nationale elreglementer.

2.3 Drift/idriftsætning

Der kan opstå farer under drift ved udstyrs- eller komponentfejl pga. alder, ukorrekt brug eller dårlig vedligeholdelse. Reducer sandsynligheden for sådanne farer ved at sørge for passende uddannelse i brug (og vedligeholdelse) af udstyret. Når det er nødvendigt, findes der information fra Edwards og andre leverandører i form af betjeningsvejledninger, kurser og serviceaftaler.

2.4 Vedligeholdelse/udrangering

For at forhindre, at personalet kommer i kontakt med farlige stoffer, skal der udvises ekstra omhu, og alle sikkerhedsforskrifter skal overholdes under vedligeholdelse af et system, hvor giftige, ætsende, brændbare, selvantændelige, kvælningsfremkaldende eller andre stoffer er blevet pumpet eller produceret.

Det bør også overvejes at indføre et planlagt vedligeholdelsesprogram og sørge for sikker bortskaffelse af komponenter, der måtte være blevet forurenede med farlige stoffer. De vedligeholdelsesråd, som er anført i betjeningsvejledningerne til alt udstyr, skal overholdes for at sikre sikker og pålidelig drift. Typisk har ATEX-systemer yderligere krav.

3. Kemiske risici

3.1 Kemiske reaktioner og eksplosioner

Man skal omhyggeligt tage højde for alle de kemiske reaktioner, som kan opstå ved normal brug, fejlagtig brug og i fejlsituationer på et hvilket som helst sted i vakuumsystemet. Man skal især være opmærksom på reaktioner, der involverer gasser og dampe, som kan medføre eksplosioner. Erfaringen viser, at der er sket eksplosioner, hvor der har været materialer i systemet, som systemkonstruktøren ikke oprindeligt havde taget højde for, og hvor fejltilstanden i sådant udstyr ikke var blevet taget i betragtning.

3.1.1 Homogene reaktioner

Homogene reaktioner opstår i gasfasen mellem to eller flere typer gasmolekyler. Gasafbrændingsreaktioner er sædvanligvis af denne type. For eksempel er reaktionen mellem silan (SiH_4) og ilt (O_2), så vidt vi ved, altid homogen. Så hvis man har sådanne reaktioner i en produktionsproces, skal man styre procestrykket og reaktantkoncentrationen omhyggeligt for at forhindre, at der opstår voldsomme reaktioner.

3.1.2 Heterogene reaktioner

Heterogene reaktioner opstår kun, hvor der er en fast overflade, dvs. nogle gasmolekyler reagerer kun, når de adsorberes på en overflade, men reagerer ikke i gasfasen ved lave tryk. Denne reaktionstype er ideel for visse processer, fordi den minimerer de reaktionseffekter, der opstår inde i proceskammeret, reducerer dannelsen af partikler og sandsynligheden for forurening.

De fleste heterogene reaktioner bliver homogene ved høje tryk, sædvanligvis langt under atmosfærisk tryk. Det betyder, at den måde gasserne reagerer på i proceskamre, ikke nødvendigvis relaterer til den måde, de reagerer på, når de komprimeres af en vakuumpumpe.

3.2 Problemer med unormale reaktioner

Unormale reaktioner kan opstå, når kemikalier kommer i kontakt med gasser eller materialer, som systemkonstruktøren ikke havde forventet. Dette kan for eksempel forekomme, når der opstår en læk, som enten tillader, at atmosfæriske gasser siver ind i systemet, eller at giftige, brændbare, eksplosive eller andre farlige gasser siver ud i atmosfæren.

For at forhindre, at disse reaktioner opstår, skal man opretholde en tæthed på 1×10^{-3} mbar l s^{-1} (1×10^{-1} Pa l s^{-1}) eller mindre i systemet. Høj-vakuumanlæg opretholder ofte en tæthed på 1×10^{-5} mbar l s^{-1} (1×10^{-3} Pa l s^{-1}) eller mindre. Man skal også sikre sig, at alle ventiler i systemer er tætte over lejerne.

Gasser, som ikke normalt kommer i kontakt med hinanden under produktionscyklussen, kan blive blandet i pumpesystemet og udstødningsrørene.

Der kan være vanddamp eller rengøringsmidler i proceskammeret efter rutinemæssige vedligeholdelsesprocedurer. Dette kan ske, når proceskammeret er blevet skyllet og rengjort. Vanddamp kan også komme ind i systemet fra udstødningsrør og forstøvere.

Når man bruger rengøringsmidler til at skylle procesaffald ud fra vakuumsystemet, er det vigtigt at sikre sig, at det valgte middel kan bruges sammen med alle de behandlede materialer i vakuumsystemet.

3.3 Eksplosionsfarer

Årsagen til eksplosion findes normalt i en af følgende kategorier:

- Oxidanter
- Brændbare/eksplosive materialer
- Selvantændelige materialer
- Natriumazid.

Bemærk, at i EU-lande (og visse andre) skal leverandører af materialer til behandling i følge loven oplyse fysiske og kemiske data for de materialer, som de sælger (som regel i form af datablade om materialesikkerhed). Dataene for et materiale skal, når det er relevant, indeholde oplysninger om de øvre og nedre eksplosive grænser, de fysiske og termodynamiske egenskaber for materialet og alle sundhedsrisici, der vedrører brugen af materialet. Brug disse oplysninger som vejledning.

3.3.1 Oxidanter

Oxidanter, såsom ilt (O_2), ozon (O_3), fluor (F_2), nitrogentrifluorid (NF_3) og wolfram hexafluorid (WF_6) bliver ofte pumpet i vakuumsystemer. Oxidanter reagerer hurtigt med en lang række stoffer og materialer, og reaktionen producerer ofte varme og øget gastryk. De potentielle farer omfatter brand og overtryk i pumpen og/eller udstødningssystemet.

For at pumpe denne slags gasser på en sikker måde skal man følge gasleverandørens sikkerhedsforskrifter sammen med følgende anbefalinger:

- Brug altid PFPE (perfluoropolyether) til at smøre de pumper, der bruges til at pumpe ilt i koncentrationer over 25 % pr. volumen i en inert gas.
- Brug PFPE til at smøre pumper, som bruges til gasser, hvor iltprocenten normalt ligger under 25 % pr. volumen, men hvor den kan komme over 25 %, hvis der sker en fejl. Hvis andre oxidanter end oxygen pumpes, skal leverandøren af smøremidlet kontaktes for anbefalede niveauer for den tilstedeværende oxidant.
- PFPE-smøremidler foretrækkes, men kulbrintesmøremidler kan bruges, hvis der anvendes en passende inert gasrensning, så man er sikker på, at olien ikke udsættes for farlige oxidantniveauer.

Under normale omstændigheder vil PFPE-smøremidler ikke oxidere eller blive nedbrudt i en olie- eller gearkasse til en olieforseglet rotations- eller stempelpumpe, så dette reducerer sandsynligheden for eksplosion.

Bemærk, at der kan ske termisk nedbrydning af PFPE-smøremidler ved eller over en temperatur på 290 °C, hvis de udsættes for luft eller jernholdige metaller. Imidlertid nedsættes temperaturen for termisk nedbrydning til 260 °C, når der findes titanium, magnesium, aluminium eller legeringer heraf i nærheden.

Hvis man ikke ønsker at bruge PFPE-smøremidler i olieforseglede rotations- eller stempelvakuumpumper, kan man fortynde oxidanten med en inert gas, såsom tør nitrogen, så man får en sikker koncentration. Denne mulighed er kun brugbar ved lave gennemstrømningshastigheder af oxidant-gasser. Man skal installere sikkerhedsforanstaltninger i systemet for at sikre, at der altid findes et minimum af gennemstrømning af den krævede inerte fortyndingsgas for at reducere oxidantkoncentrationen til et sikkert niveau og sikre, at oxidantgennemstrømningen ikke

overstiger den maksimalt tilladte hastighed. Man skal indrette sit system, så oxidantgennemstrømningen standses øjeblikkeligt, hvis disse betingelser ikke er overholdt.

Vi anbefaler, at man bruger Edwards-tørpumper til at pumpe oxidanter (se [Edwards-tørpumper](#) på side 28). Tørpumper har ikke forseglingsvæsker i fortrængningsvolumenet, så det betyder betydeligt reduceret sandsynlighed for eksplosion, hvis man bruger en tørpumpe til at bearbejde oxidanter. Edwards anbefaler en inert gasrensning til lejerne og i gearkassen, når der anvendes et kulbrintesmøremiddel.

3.3.2 Brændbare/eksplosive materialer

Mange gasser og meget støv, såsom hydrogen (H_2), acetylen (C_2H_2), propan (C_3H_8) og findelt siliciumstøv, er brandfarlige og/eller eksplosive i visse oxidantkoncentrationer, hvis der findes en antændingskilde. Der kan opstå en antændingskilde, for eksempel i form af lokal ophobning af varme. Dette er omtalt i [Antændingskilder](#) på side 24.

Man kan undgå eksplosionsfaren ved at sikre, at koncentrationen af den potentielt brændbare blanding holdes uden for den brandfarlige zone. Der findes flere oplysninger i [Sådan undgås den brandfarlige zone](#) på side 21.

En anden måde til at reducere sandsynligheden for eksplosion er ved at eliminere antændingskilden. Der findes flere oplysninger i [Antændingskilder](#) på side 24.

Hvis det ikke er muligt at undgå den brandfarlige zone, skal man sikre sig, at udstyret er konstrueret til at undgå eller inddæmme enhver eksplosion uden at revne eller udsende flammer til den omgivende atmosfære. Brugen af flammestoppere er omtalt i [Brug af flammestoppere som beskyttelsessystemer](#) på side 24. Hvis vakuumsystemets eksterne atmosfære er farlig, skal man sikre, at alt udstyr passer til den.

I EU giver ATEX-direktivet klar vejledning i konstruktionen af udstyr, som skal bruges i potentielt eksplosive atmosfærer.

Der hvor det er muligt at undgå at pumpe potentielt eksplosive atmosfærer under alle forhold, kan man bruge alle slags Edwards-vakuumpumper til at pumpe brændbare dampe eller gasser.

3.3.3 Selvantændelige materialer

Under de fleste forhold reagerer selvantændelige gasser, som f.eks. silan (SiH_4) og fosfin (PH_3) eller selvantændeligt støv, spontant med luft ved atmosfærisk tryk, så der kan ske forbrænding, når gasserne kommer i kontakt med luft, eller en anden oxidant, hvor trykket er tilstrækkeligt højt til at understøtte forbrænding. Dette kan ske, hvis der slipper luft ind i systemet, eller hvis udstødning fra systemet kommer i kontakt med atmosfæren. Varmen fra reaktionen mellem en oxidant og en selvantændelig gas kan fungere som en antændingskilde for eksplosive materialer.

Hvis der ventileres udstødningsgasser fra andre processer igennem et fælles udstødningsystem, kan det resultere i forbrænding og/eller eksplosion. Det anbefales derfor, at man bruger separate udstødningsystemer, når man pumper selvantændelige materialer.

Processer, der bruger fosfor, kan forårsage, at fast fosfor kondenserer i vakuumsystemet eller udstødningen. Udsat for luft og selv en lille mekanisk bevægelse (for eksempel aktivering af en ventil, eller pumperotation forårsaget af trykforskel) kan fosfor selvantænde og frigive giftige gasser ved forbrænding. Det anbefales, at pumperne kører med en inert gasrensning og kører tilstrækkeligt varme for at minimere kondenseringen af fosfor.

PFPE-smøremidler kan absorbere produktionsgasser som, når det drejer sig om selvantændelige materialer, kan medføre lokal antænding, når smøremidlet kommer i kontakt med luft. Denne risiko kan blive ekstra tydelig under servicering, eller når en oxidant pumpes igennem systemet efter en selvantændelig gas eller støv. Man kan reducere sandsynligheden for at dette sker, hvis man bruger Edwards-tørpumper, som ikke indeholder smøremidler i fortrængningsvolumenet. Det skal sikres, at alle selvantændelige materialer er blevet passiveret, inden de ventileres eller håndteres.

3.3.4 Natriumazid

Natriumazid bruges af og til til at forberede produkter til frysetørring og i andre produktionsprocesser. Natriumazid kan producere hydrogensyre. Hydrogensyredampe kan reagere med tungmetaller og skabe ustabile metalazider. Disse azider kan eksplodere spontant.

Tungmetallerne omfatter:

• Barium	• Cadmium	• Cæsium
• Kalcium	• Kobber	• Bly
• Litium	• Mangan	• Kalium
• Rubidium	• Sølv	• Natrium
• Strontium	• Tin	• Zink
• Kobber- og zink-legeringer (såsom messing)		

Messing, kobber, cadmium, tin og zink er almindeligt brugt i mange komponenter i vakuumpumper, tilbehør og rør. Hvis produktionssystemet bruger eller producerer natriumazid, skal man sikre sig, at gasledningen i produktionssystemet ikke indeholder tungmetaller.

3.4 Giftige eller ætsende materialer

Mange vakuumsystemer involverer behandling og håndtering af giftige og ætsende materialer og kræver specifikke procedurer.

3.4.1 Giftige materialer

Giftige materialer er pr. definition farlige for helbredet. Men risikoen afhænger af materialet og den forholdsmæssige koncentration. Man bør overholde de korrekte håndteringsprocedurer, som materialeleverandøren har udstukket, samt den gældende lovgivning.

Man bør også tage højde for følgende punkter:

- **Gasfortynding** - Det er muligt at fortynde giftige produktionsgasser, mens de passerer igennem vakuumpumpen og ud i udstødningen. Man kan bruge denne fortynding til at reducere koncentrationen til under giftgrænsen. Vi anbefaler, at tilførslen af fortyndingsgas overvåges, så der lyder en alarm, hvis tilførslen svigter. Specifikt for olieforseglede pumper henvises der til betjeningsvejledningen til pumpen for mulige påkrævede oliereturneringskits.
- **Lækageundersøgelse** - Edwards-vakuumsystemer er generelt konstrueret til at være tætte - til et niveau på $< 1 \times 10^{-3}$ mbar l s⁻¹ ($< 1 \times 10^{-1}$ Pa l s⁻¹). Men tætheden i tilsluttede systemer kan ikke sikres. Man skal anvende en passende lækageundersøgelsesmetode (for eksempel heliummassespektrometrisk lækageundersøgelse) for at validere vakuum- og udstødningssystemet integritet.

- **Akselsegling (Edwards-tørpumper)** - Mange tørvakuumpumper bruger et gasrensningssystem for at sikre, at produktionsgasserne ikke trænger ind i gearkassen og lejerne og derfra muligvis ud i atmosfæren, der omgiver vakuumsystemet. Man skal sørge for, at gastilførslen er tæt, når man håndterer giftige materialer. Man skal bruge ikke-ventilerende regulatorer sammen med en envejskontraventil, som det er beskrevet i [Trykregulatorer](#) på side 29.
- **Akselsegling (Andre pumper fra Edwards)** - Oliefyldte akselseglingkonstruktioner (for eksempel EH mekaniske trykpumper og EM rotationspumper) minimerer risikoen for produktionsgaslækage (eller for indsivning af luft) og kan give en visuel advarsel (olie-lækage eller reduktion af oliestand), inden en fare opstår. Andre seglinger giver muligvis ikke tilstrækkelig advarsel om fejl.
- **Magnetiske drev** - Når det er nødvendigt med total hermetisk segling, kan Edwards EDP-tørvakuumpumper leveres med et magnetisk drev, der har en keramisk beholder, som eliminerer behovet for akselsegling på motorens indsugningsaksel.

Hvis der bruges trykudligningsventiler eller brudskiver til at udligne overtryk, skal man sørge for, at de ventileres ud i et passende udstødningssystem, der forhindrer risikoen for giftudslip.

Når man returnerer forurenede vakuumsystemer til Edwards til service eller vedligeholdelse, skal man følge procedurerne (skema HS1) og udfylde erklæringen (skema HS2), der findes i den betjeningsvejledning, der fulgte med udstyret.

3.4.2 Ætsende materialer

Når ætsende materialer pumpes med Edwards-vakuumpumper, skal man være opmærksom på følgende punkter:

- **Fugtindtrængning** - Det skal meget omhyggeligt forhindres, at der trænger fugtig luft ind, som kan accelerere ætsende virkninger. Der bør bruges inert rensning i forbindelse med nedlukningsproceduren for at skylle ætsende stoffer ud af systemet, før det slukkes.
- **Fortynding** - Brug en passende inert fortyndingsgas for at undgå kondensering af ætsende stoffer og dermed begrænse ætsning.
- **Temperatur** - Øg temperaturen i pumpen og udstødningslinjen for at undgå kondensering af vanddamp, som dermed kan begrænse ætsning. I nogle tilfælde kan højere temperaturer øge ætsningshastigheden. Der henvises til afsnittet herunder:
- **Ætsning af sikkerhedsudstyr** - Hvor der er risiko for, at kritisk sikkerhedsudstyr (såsom flammestopperelementer, temperaturfølere og så videre) kan blive beskadiget af ætsende produkter i produktionsgasstrømmen, skal konstruktionsmaterialerne udvælges med henblik på at fjerne denne risiko.
- **Faseændringer** - Uplanlagte faseændringer kan resultere i kondensering. Det bør overvejes, om det er nødvendigt at ændre temperatur og tryk for at undgå denne risiko.
- **Uplanlagte reaktioner** - Uplanlagte kemiske reaktioner kan medføre dannelse af ætsende stoffer. Der bør være stor opmærksomhed på, om der er mulighed for krydskontaminering, når udstyret bruges til mere end et formål.

Nogle ætsende materialer, såsom fluor, chlor, andre halogener eller halider og oxidationsmidler, såsom ozon, eller reduktionsmidler, såsom hydrogenulfid, kan også angribe de materialer, som de er i kontakt med, uden at der behøver at være nogen væske til stede. I disse tilfælde bør det ætsende materials partialtryk minimeres gennem brugen af

en passende fortyndingsgas. Konstruktionsmaterialerne til vakuumsystemet og pummodellen skal udvælges, så de er kompatible med den specifikke gas i de forventede koncentrationer. Høje temperaturer kan accelerere ætsning og bør minimeres, hvor andre procesovervejelser tillader det. Vedligeholdelsesintervallerne skal gennemgås, så de tager de ætsende materials virkning på systemet i betragtning.

3.5 Oversigt - kemiske risici

- Gennemgå alle potentielle kemiske reaktioner i systemet.
- Sørg for at tage højde for unormale kemiske reaktioner, inklusive dem, der kan finde sted, når der sker fejl.
- Se databladene om materialesikkerhed ved vurdering af de potentielle risici i forbindelse med de behandlede materialer.
- Brug fortyndingsteknikker til at minimere reaktionerne med oxidanter og brandfarlige materialer.
- I EU skal man, hvor en brandfarlig zone er blevet specificeret, bruge en passende certificeret ATEX-vakuumpumpe. For alle andre regioner anbefaler Edwards brugen af pumper, der er blevet certificeret i henhold til ATEX-direktivet, så vidt som muligt.
- Brug den korrekte type smøremiddel i pumpen, når den bruges til oxidanter, og overvej, om der skal bruges en tørpumpe.
- Brug ikke tungmetaller i systemets gasledning, hvis processen anvender eller producerer natriumazid.
- Vær ekstra omhyggelig ved håndtering af giftige, ætsende eller ustabile materialer.

4. Fysiske risici

4.1 Overtryksrisici

Overtryk på komponenterne i et vakuumsystem kan være et resultat af følgende:

- Indføring af højtryksgas i systemet
- At systemet komprimerer gas
- En pludselig temperaturforøgelse af systemets flygtige gas
- En faseændring, der medfører deponering af fast materiale
- Reaktion indeni vakuumsystemet
- Blokeret udstødning.

Andre årsager er mulige.

4.2 Overtryk i pumpens udstødning

En almindelig årsag til overtryk i udstødningen er blokering eller begrænsning af udstødningen. Dette kan medføre fejl på pumpen eller andre komponenter i systemet.

Vakuumpumper er kompressorer, som er specielt konstrueret til at arbejde med høje komprimeringsrater fra udgang til indgang.

Ud over det potentielle overtryk, der skyldes, at pumpen kører, kan indføringen af komprimeret gas (såsom en rense- eller fortyndingsgas) også betyde overtryk i systemet, hvis udstødningen er begrænset eller blokeret.

Når en pumpe er monteret med flammestoppere eller andet udstyr, såsom filtre eller kondensatorer på udstødningssiden, er det vigtigt, at udstødningens bagtryk ikke overstiger den maksimumsgrænse, der er angivet i betjeningsvejledningen til vakuumsystemet. Et passende vedligeholdelsesprogram bør indføres for at sikre, at processens affald ikke blokerer udstødning og flammestopper. Hvis dette ikke kan lade sig gøre, skal der placeres en trykføler mellem pumpen og flammestopperen for at registrere blokering. Der bør tages lignende hensyn til andet udstødningsudstyr, såsom filtre og kondensatorer.

Sublimation eller faseændring kan medføre blokering af faste aflejringer i produktionsrør og en overtryksrisiko.

Der henvises til betjeningsvejledningen til vakuumpumpesystemet for oplysninger om maksimalt og anbefalet kontinuerligt tryk for alle udstødningskomponenter, herunder vakuumpumpen. Konstruer udstødningsystemet, så disse begrænsninger kan overholdes.

For grænser under kontinuerlig drift henvises der til betjeningsvejledningen til pumpen.

4.3 Beskyttelse mod overtryk i udstødningen

Vi anbefaler generelt, at pumperne kører med udstødningens ledning ført ind i et frit ventileret udstødningssystem. Men udstødningssystemet kan omfatte komponenter, som kan forårsage begrænsning eller blokering af systemet. Hvis det sker, skal man indsætte passende beskyttelse mod overtryk. Sådanne muligheder kan for eksempel være:

Komponent	Beskyttelsesmetode
Ventil i udstødningsrøret	Lås ventilen, så den altid er åben, når pumpen kører.

Komponent	Beskyttelsesmetode
	Monter en trykudligningsledning.
Udstødningsforstøver	Monter en trykudligningsledning.
	Monter trykovervågning, og lås denne sammen med pumpen, således at pumpen slukkes, når udstødningsstrykket bliver for højt.
Flammestopper	Måling af udstødningsstryk.
	Måling af differentialtryk.
Oliefilter	Monter en trykudligningsenhed.

For at opsummere: Hvis trykket i udstødningssystemet nærmer sig det maksimalt tilladte tryk:

- Reducer trykket med en enhed i en gasledning parallelt med begrænsningen eller blokeringen.
- Reducer trykket. Stands pumpen eller tilførslen af komprimeret gas.

4.4 Overtryk ved indgang

4.4.1 Komprimeret gastilførsel og bagtryk

Det er almindeligt at undervurdere det nødvendige trykområde i de rør, der forbinder pumpen til vakuumsystemet, fordi det antages, at dette rør ikke vil blive udsat for tryk over atmosfærisk tryk. I praksis er dette kun tilfældet under normale driftsbetingelser. Man bør vurdere det nødvendige trykområde, så der er plads til højere tryk forårsaget af unormale forhold eller fejl.

En almindelig årsag til overtryk i pumpeindsugningsrørene er indføringen af komprimerede gasser (såsom resegasser), når pumpen ikke kører. Hvis komponenterne i indsugningsrøret ikke passer til de resulterende tryk, vil røret revne, og produktionsgasserne vil sive ud fra systemet. En tilbagestrømning af gasser fra systemet ind i et proceskammer, som i sig selv ikke kan klare trykket, der opstår, vil også forårsage revner og lækager.

Når man tilslutter en komprimeret gastilslutning til systemet med trykregulatorer, der er konstrueret til at skabe lavtrykgennemstrømning, skal det sikres, at trykket holder sig inden for systemets rammer.

De almindeligt anvendte ikke-ventilerende trykregulatorer vil få trykket inde i systemet til at stige til det tryk, som gastilførslen til regulatoren har, hvis der ikke strømmer produktionsgas igennem systemet. Man skal derfor bruge en af følgende to metoder for at undgå overtryk:

- Reducer trykket, før gasserne uden om pumpen, og led dem ud i en frit ventileret udstødning
- Overvåg trykket på systemet, og brug en positiv lukkeventil til at lukke for tilførslen af komprimeret gas ved et forudindstillet trykniveau.

4.4.2 Ukorrekt brug af pumpen

Der skal tages specielle forholdsregler, indtil det kan bekræftes, at pumpen kører korrekt.

Hvis pumpens rotationsretning er ukorrekt, og pumpen kører med indgangen blokeret eller begrænset, vil pumpen skabe et højt tryk i indsugningsrøret. Dette kan resultere i, at pumpen, rørene og/eller komponenter i rørsystemet revner.

Brug altid en afskærmningsplade, der er løst sat på pumpeindsugningen med skruer, indtil det kan konstateres, at rotationsretningen i pumpen er korrekt.

Drift ved høj rotationshastighed kan resultere i, at pumpen revner. Lad ikke pumpen køre med rotationshastigheder over dem, den maksimalt er konstrueret til. Dette er især vigtigt, når man bruger frekvensvekslere til hastighedskontrol.

4.5 Oversigt - fysiske risici

- Ved sikkerhedskalkulationer skal man sikre sig, at der er taget højde for sikkert driftstryk for alle komponenter i systemet.
- Sørg for, at pumpeudstødningen ikke kan blokeres eller begrænses.
- Hvis der er risiko for, at der opstår høje tryk, der overskrider trykområdet for en hvilken som helst del af vakuumsystemet, anbefaler vi, at systemet omfatter et passende placeret trykmålingsudstyr. Dette skal tilsluttes styresystemet, så systemet går i sikker tilstand, hvis der registreres en overtrykstilstand.
- Tag hensyn til unormale forhold og fejl ved vurderingen af det nødvendige trykområde for vakuumsystemet og pumpekomponenterne.
- Sørg for at installere den korrekte trykudligningsenhed, og at den passer til anvendelsen.
- Sørg for, at den komprimerede gastilførsel er korrekt reguleret og overvåget. Sluk for disse tilførsler, hvis pumpen er slukket.
- Hvor det er muligt, skal man sørge for, at tilførselstrykket til alle regulerede rensninger er lavere end det maksimalt tilladte statiske tryk i systemet. Alternativt skal man sikre, at det er muligt at udligne trykket i tilfælde af komponentfejl.

5. Risikoanalyse

Teknikkerne i en risikoanalyse giver en struktureret mulighed for at identificere og analysere risiciene i et system under normal drift og de risici, der måtte opstå ved fejl. Disse teknikker giver mulighed for risikostyring, og brugen af disse teknikker kan i mange tilfælde være et myndighedskrav/lovmæssigt krav. For at få fuld effekt af risikoanalyserne skal de begynde under konstruktionen af systemet og fortsætte under installation og drift samt ved vedligeholdelse og udrangering af systemet.

En detaljeret gennemgang af risikoanalysens teknikker ligger dog uden for denne vejlednings omfang. Der er imidlertid mange beskrivelser af risikoanalyseteknikker andre steder. Et eksempel på en almindeligt anvendt teknik i den kemiske industri er HAZOP (Hazard and Operability Study, en systematisk fareidentifikationsmodel). Det er en risikoanalyseprocedure, der handler om at identificere potentielle risici og driftsproblemer.

Risikoanalyserne vil ofte give oplysninger om typen af risici, hvor alvorlige risiciene er, og sandsynligheden for, at de vil opstå. Disse oplysninger kan bruges til at træffe beslutning om, hvordan man bedst muligt reducerer risikoen til et acceptabelt niveau. Afhængig af risikoens oprindelse kan det være muligt enten at eliminere risikoen, nedbringe faren og/eller reducere sandsynligheden for, at den vil opstå. Det er imidlertid sjældent, at alle farer kan fjernes fuldstændigt.

Man skal tage højde for alle mulige effekter af en risiko, når man beslutter sig for den bedste måde at håndtere den på. For eksempel kan en lille, varm overflade udgøre en mindre risiko for en operatør, da den vil kunne forårsage et brandsår. For at reducere sandsynligheden for brandsår kan systemkonstruktøren sørge for en synlig advarsel om den varme overflade eller sætte en afskærmning op omkring den varme flade. Men risikoanalysen af systemet kan også vise, at den samme varme overflade kan blive antændingskilde for brandfarlige dampe, hvilket kan føre til en eksplosion eller udledning af giftig damp. For at reducere sandsynligheden for antænding skal systemkonstruktøren reducere temperaturen på den varme overflade eller sikre, at brændbare dampe ikke kommer i kontakt med den.

6. Systemkonstruktion

6.1 Trykområder i et system

Som omtalt i *Fysiske risici* på side 15 er rør og komponenter i et vakuumsystem konstrueret til at fungere med interne tryk, der ligger under det atmosfæriske tryk. I praksis er det imidlertid sædvanligvist også nødvendigt at konstruere systemet til brug med interne tryk over atmosfærisk tryk. Om nødvendigt kan man indsætte trykudligningsenheder for at forhindre overtryk.

Det er vigtigt, at man ikke gør indsugningsrør og andre indsugningskomponenter til det svage punkt i systemet ud fra den betragtning, at de altid vil fungere under vakuum, selv ved fejl.

Udstødningssystemer skal altid konstrueres til det mindst mulige bagtryk til pumpen under drift. Det er imidlertid vigtigt, at du designer dit udstødningssystem med et passende trykområde. Det skal være egnet til brug med tryk, der skabes af pumpen, samt til eksempelvis indførslen af en komprimeret gas i systemet, og det skal være egnet til brug med de anvendte overtryksbeskyttelsesforanstaltninger.

Når man laver en risikoanalyse, skal man altid tage følgende i betragtning:

- Eksterne indtagninger såsom inert gas-tilslutninger
- Isolation og afskærmning fra alle kilder, især i udstødningssystemer
- Reaktioner mellem produktionsgasser.

Det skal bemærkes, at når en beholder indeholder en flygtig væske og kan isoleres fra resten af systemet, kan ekstern varme (for eksempel fra en brand) resultere i interne tryk, der overstiger det tryk, som beholderen er konstrueret til. I sådan et tilfælde skal man tage højde for behovet for passende trykudligning.

6.2 Eliminering af stillestående volumener

En stillestående volumen er enhver volumen i et vakuumrør eller en komponent, som ikke udsættes for gennemstrømning af gas. Eksempler kan være gearkassen i en mekanisk trykpumpe eller målerdelen på et instrument. Rør med ventiler og indsugningsrør til nitrogengas kan også blive til stillestående volumener, når de isoleres.

Stillestående volumener skal tages i betragtning, når man overvejer blandingen og reaktionerne fra produktionsgasser, som ikke normalt findes i proceskammeret samtidigt. Rør, pumper og proceskamre transporterer normalt gasserne lineært med én gas eller gasblanding efter den anden. Gasser, som transporteres i sådanne lineære strømme, blandes normalt ikke, medmindre udstødningssystemets hastighed reduceres pga. begrænsning eller blokering. En stillestående volumen renses ikke og kan blive fyldt med produktionsgasser, når trykket i systemet stiger og falder. På den måde kan gasser, som passerer igennem systemet i en procesfase, blive tilbageholdt. Disse kan så reagere med gasser fra en efterfølgende fase i processen. Grundig udtømning af kammeret mellem anvendelse af uforenelige gasser vil beskytte imod eksplosionsfaren.

Man skal være specielt opmærksom på krydskontaminering af stillestående volumener, og når gasserne er potentielt eksplosive. Man skal især være opmærksom på risikoen for tilpropning af filtre og skilleplader og andre komponenter. Hvor det er muligt, skal man bruge kontinuerlige strømme af inert rensesgas for at reducere sandsynligheden for krydskontaminering.

Når man pumper brændbare materialer, kan det ske, at stillestående volumener fyldes med potentielt eksplosive gasser og dampe, som ikke kan fjernes ved normal rensning. Der hvor der findes antændelseskilder, bør man overveje specifik rensning af den stillestående volumen.

6.3 Udstødningssystemer

Det er vigtigt at bruge den rigtige type udstødningssystem til processen. Som tidligere nævnt skal udstødningssystemet være konstrueret til at klare driftstrykket, og når der produceres eller behandles farligt materiale, skal det være tilstrækkeligt tæt til at holde på materialerne og deres biprodukter og forhindre farlige udslip til atmosfæren.

6.4 Potentielt eksplosive gasser eller dampblandinger

Når en brændbar gas eller damp blandes med den rigtige koncentration af ilt eller andre passende oxidanter, vil den danne en potentielt eksplosiv blanding, som kan antændes, når den kommer i nærheden af en antændingskilde.

Det er almindeligvis tydeligt, når et pumpet materiale er potentielt eksplosivt, men der er, efter Edwards' erfaringer, nogle situationer, hvor en potentielt eksplosiv blanding skabes af årsager, som ikke blev taget i betragtning under konstruktion af systemet til processen. Man skal sørge for at finde alle de mulige procesbetingelser og kilder til potentielt eksplosive blandinger, som kan genereres af udstyret. Vi har listet nogle af Edwards' erfaringer nedenfor, men listen er under ingen omstændigheder udtømmende:

- **Krydskontaminering** - Når en vakuumpumpe bruges til forskellige formål, er den muligvis sikker at bruge til de enkelte materialer, men hvis pumpen ikke renses, før den bruges med et andet materiale, kan der opstå krydskontaminering, som kan skabe uforudsete reaktioner.
- **Rengøringsmidler** - Det kan se fredeligt ud, men brug af brandfarlige rengøringsmidler og efterfølgende tørring ved udtømning igennem vakuumpumpen kan skabe en potentielt eksplosiv blanding.
- **Uforudsetematerialer** - Ved "husets" vakuumpumper, hvor vakuumpumpen bruges til at skabe et distribueret vakuumsystem, er det muligt at pumpe brandfarlige materialer, som den ikke oprindeligt var beregnet til. Disse materialer kan have lavere selvantændelsestemperaturer end de interne temperaturer eller temperaturområdet i vakuumpumpen.
- **Opløstedampe** - Disse kan opstå under procesdriften, og der skal sørges for, at det korrekte interne temperaturområde for processen vælges. Typisk på markedet for kemiske processer er dette dækket af ATEX-kravene.
- **Luftlækage** - Hvis der ved et uheld trænger luft eller oxidanter ind i et system, kan det ændre koncentrationen af en brandfarlig gas eller damp og skabe en potentielt eksplosiv blanding.
- **Brandfarligforseglingsvæsker** - Når man bruger en brandfarlig væske som forseglingsvæske i en vakuumpumpe med flydering, vil indtrængende luft skabe en potentielt eksplosiv blanding.
- **Kondenserede behandlede materialer** - Hvis der er mulighed for, at brandfarligt materiale kondenserer indeni systemet, skal man være opmærksom på, at det kan reagere med oxidanter fra andre processer eller med luften (for eksempel i udstødningen). Dette kan undgås ved passende temperatur- eller partialtrykstyring.

6.5 Sådan undgås den brandfarlige zone

Et brændbart materiale skaber kun en potentielt eksplosiv atmosfære, hvis det kommer i forbindelse med luft eller ilt eller anden oxidant og koncentrationen ligger mellem nedre antændingsgrænse - LFL (eller nedre eksplosionsgrænse - LEL) og øvre antændingsgrænse - UFL (eller øvre eksplosionsgrænse - UEL). Bemærk, at de fleste data, som findes i litteraturen, henviser til antændingsgrænserne i luft, dvs. hvor oxygen er oxidanten. Alle yderligere oplysninger, der er anført herunder, er baseret på denne antagelse.

For at være potentielt eksplosiv er det også nødvendigt, at iltkoncentrationen er over den minimale iltkoncentration - MOC (eller begrænsende iltkoncentration - LOC). MOC (LOC) for de fleste brændbare gasser er 5 % vol. eller større. (Bemærk: Dette gælder ikke for selvantændelige materialer, som kræver specielle forholdsregler.)

Der findes en række strategier, der kan anvendes for at undgå at køre med gasblandinger i den brandfarlige zone. Valget af strategi vil afhænge af resultatet af risikoanalysen for processen og pumpesystemet:

- **Hold den brændbare gaskoncentration under LFL (LEL)**

For at minimere risikoen for, at den brandfarlige gas skal komme ind i den brandfarlige zone, bør man anvende en sikkerhedsmargin for LFL (LEL).

Der bør fastsættes en sikkerhedsmargin af brugeren efter en risikovurdering. Nogle myndigheder foreslår, at koncentrationen holdes under 25 % LFL (LEL).

Den almindeligt anvendte metode til at holde en passende koncentration under LFL (LEL) er fortynding med inert gasrensning (for eksempel nitrogen) igennem pumpeindsugningen og/eller rensetilslutningerne. Den nødvendige integritet for fortyndingssystemet og for alle alarmer eller interlocks vil afhænge af den risikozone, der ville blive resultatet, hvis fortyndingssystemet skulle fejle.

- **Bemærk:**

Sørg for, at der tages passende forholdsregler for at undgå risiko for kvælning.

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

Denne driftsmetode kræver overvågning af iltkoncentrationen i de pumpede gasser for at sikre sikker drift. For at minimere risikoen for, at den brandfarlige gas skal trænge ind i den brandfarlige zone under drift, bør man anvende en sikkerhedsmargin under MOC (LOC). Tilgængelige industristandarder angiver, at hvor iltkoncentrationen overvåges kontinuerligt, skal den holdes på mindre end 2 volumenprocentpoint under det lavest angivne MOC (LOC) for gasblandingen. Medmindre MOC (LOC) er mindre end 5 %, skal iltkoncentrationen holdes på højst 60 % af MOC (LOC). Hvis overvågning kun finder sted i form af rutinemæssige tjek af iltniveauet, bør iltniveauet ikke få lov at overstige 60 % af det lavest angivne MOC (LOC), medmindre MOC (LOC) er mindre end 5 %, hvorfor iltkoncentrationen skal holdes under 40 % af MOC (LOC).

Den foretrukne metode til at holde iltniveauet under den lavest angivne MOC (LOC) er ved fuldstændig udelukkelse af luft og ilt fra processen og pumpesystemet, samtidig med at den pumpede gas fortyndes med en inert rensagas (såsom nitrogen) igennem pumpeindsugningen og/eller rensetilslutninger om nødvendigt. Den nødvendige integritet for tiltag til udelukkelse af luft/ilt og for alle alarmer og interlocks vil afhænge af den risikozone, der ville opstå, hvis udelukkelses- og fortyndingssystemerne skulle fejle.

De mest anvendte forholdsregler, når man skal udelukke luft fuldstændigt fra processen og pumpesystemet, er beskrevet i slutningen af dette afsnit.

- **Hold den brændbare gaskoncentration over UFL (UEL)**

Når de brændbare gaskoncentrationer er høje, kan det være mere passende at køre med drift over UFL (UEL). For at minimere risikoen for indtrængning i den brandfarlige zone bør man anvende en sikkerhedsmargin for drift over UFL (UEL). Det anbefales, at det resterende iltniveau i gassen bør holdes på mindst 60 % af det absolutte iltniveau, der normalt findes i den brændbare gaskoncentration UFL (UEL).

Den foretrukne metode til at holde iltniveauet under denne sikkerhedsmargin er fuldstændig udelukkelse af luft og ilt fra processen og pumpesystemet. Fortynding af den pumpede gas med en inert rensegas (såsom

nitrogen) eller med yderligere brandfarlig gas (fyldgas), der sendes ind i pumpeindsugningen og/eller rensetilslutningerne, kan også blive nødvendig. Den nødvendige integritet for tiltag til udelukkelse af luft/ilt for alle indføringssystemer til rensegas og for alle alarmer og interlocks vil afhænge af den risikozone, der ville opstå, hvis udelukkelses- og fortyndingssystemerne skulle fejle.

- **Opretholdelse af den brandfarlige gaskoncentration under minimumseksplionsstrykket**

Ethvert brandfarligt materiale har et minimumstryk, hvorunder en eksplosion ikke kan opretholdes. Hvis trykket ved indsugningen til vakuumpumpen kan holdes sikkert under dette tryk, vil antændelser, der starter indeni vakuumpumpen, ikke kunne sprede sig til indsugningen. Der skal dog tages forholdsregler for vakuumpumpens udstødning.

De mest anvendte forholdsregler, når man skal udelukke luft fuldstændigt fra processen og pumpesystemet, er som følger:

- **Elimination af luftlækager**

Brug en lækagesøger, eller gennemfør en trykstigningsratetest. Før man lader brændbare materialer komme ind i proceskammeret, er det muligt at gennemføre en test for at finde ud af, om luft (ilt)-lækagen i vakuumsystemet er inden for de tilladelige grænser.

For at gennemføre en trykstigningsratetest skal det tomme proceskammer udsuges til et tryk lige under det normale driftstryk og derefter isoleres fra vakuumpumpen. Trykket i proceskammeret registreres derefter i en fastsat periode. Eftersom volumen i proceskammeret er kendt sammen med den maksimalt tilladelige luftlækage, er det muligt at beregne den maksimalt tilladelige trykstigning, der må opstå i den fastsatte periode. Hvis den maksimale trykgrænse overskrides, skal man sørge for at forsegle kilden til luft (ilt)-lækagen ind i proceskammeret. Testen skal derefter gennemføres med godt resultat, inden brandfarlige materialer igen kan slippes ind i proceskammeret.

I nogle tilfælde kan vakuumsystemets evne til at opnå et godt basistryk bruges til at vise systemets tæthed.

- **Fjern al luft fra systemet, før processen startes**

Før der sendes brandfarlig gas ind i processen, skal systemet tømmes fuldstændigt og/eller renses med inert gas (såsom nitrogen) for at fjerne al luft fra systemet. Når processen er slut gentages denne procedure for at fjerne eventuel brændbar gas, før systemet endeligt ventileres til luft.

- **For tørvakuumpumper**

Sørg for, at der ikke under nogen omstændigheder kan komme luft til aksel- eller rensningsforseglingsskassen, og det skal sikres, at alle gasballastporte er enten forseglede eller kun bruges til at indføre inert gas.

- **For våde vakuumpumper (eks. olieforseglede rotationspumper eller stempelpumper)**
Sørg for, at aksel­forseglingen fuldt ud overholder producentens vejledninger, og brug et pumpet oliesmøringssystem under tryk, der har en alarm i tilfælde af olietryk­tab. Dette system kan indeholde et eksternt tilbehør, der kan levere filtreret og tryk­behandlet smøreolie med en tryk­kontakt. Sørg for, at alle gas­ballastporte enten er forseglede eller kun bruges til indføring af inert gas. Sørg for en passende rensning med inert gas i olie­boksen for at fjerne luft, før processen startes.
- **For vakuumtrykpumper**
Sørg for, at aksel­forseglingen fuldt ud overholder producentens vejledninger og sørg for, at alle rensnings­port­tilslutninger eller udluftningsventiler kun kan bruges til at indføre inert gas.
- **Tilbagestrøm**
Sørg for, at systemets drifts­procedurer og anlæg beskytter systemet mod enhver tilbage­strøm af luft, som kan skyldes en pumpe­fejl. Sørg for, at al pumpet, brændbar gas bortskaffes sikkert ved den sidste ventilering fra pumpe­ud­stødningen. Sørg for, at brandfarlige gasblandinger ikke blandes i udstødnings­røret ved hjælp af passende inert rensning af røret inden start og efter endt brug af den brandfarlige gas­proces og ved hjælp af passende inert gasrensning under drift for at forhindre turbulent blanding af luft i udstødningen.

6.6 Systemets integritetsniveauer

Beskyttelsesmetoder, der bruger inert gasfortynding, er beskrevet i tidligere afsnit. Princippet i metoden er, at man blander en inert gas (sædvanligvis nitrogen) med produktionsgasserne for at fortynde dem til et niveau, hvor eksplosion eller reaktioner ikke kan forekomme. Når man bruger gasfortynding som det primære sikkerhedssystem til at beskytte mod eksplosion, kan det blive nødvendigt med et høj-integritets alarm- og interlocksystem til at forhindre drift af systemet, når gasfortyndingssystemet ikke kan bruges. Under risikoanalysen bør der tages højde for gasfortyndingssystemets integritet, og det vil afhænge af den interne zoneinddeling (dvs. risikoniveau), der ville opstå, hvis fortyndingssystemet skulle svigte. Gældende bedste praksis skal altid gælde for denne risikovurdering for at bestemme de nødvendige niveauer for systemets integritet.

Hvis et fortyndingssystem for eksempel blev brugt til at opretholde en brændbar gaskoncentration uden for den brandfarlige zone, og resultatet af en fortyndingsfejl ville være, at den pumpede gas ville blive inde i den brandfarlige zone kontinuerligt eller i længere perioder (typisk ATEX Zone 0-krav ville være > 50 %), skal fortyndingssystemet overholde en af følgende:

- Det skal være fejlsikkert selv i sjældne tilfælde af fejlfunktion
- Det skal være sikkert ved to fejl
- Det skal indeholde to separate fortyndingstilslutningssystemer.

Alternativt, hvis resultatet af en fortyndingssystemfejl ville være, at den pumpede gas ville være inde i den brandfarlige zone en gang imellem (typisk ATEX Zone 1-tilstand), skal fortyndingssystemet overholde en af følgende:

- Det skal være fejlsikkert selv i tilfælde af forventet fejlfunktion
- Det skal være sikkert ved en fejl.

Hvis resultatet af en fortyndingssystemfejl er, at det ikke ville være sandsynligt, at den pumpede gas trængte ind i den brandfarlige zone, eller kun i korte perioder (typisk ATEX Zone 2-tilstand), skal fortyndingssystemet være sikkert under normal drift.

6.7 Brug af flammestoppere som beskyttelsessystemer

Hvis blandingen af pumpede gasser og dampe er brændbar (se *Sådan undgås den brandfarlige zone* på side 21) kontinuerligt eller i længere perioder (dvs. Zone 0-tilstand), og hvis der er risiko for, at en antændingskilde (se *Antændingskilder* på side 24) bliver aktiv under normal drift eller forudsigelig fejlfunktion, skal der monteres flammestoppere i nødvendigt omfang på den primære pumpe (se også *Flammestoppere* på side 30). Der er opnået tredjepartscertificering for brug af specifikke flammestoppere med Edwards-vakuumpumper, hvilket viser deres evne til at forhindre flammeoverførsel langs med procesrøret eller ud i den omgivende atmosfære.

Hvor den brændbare blanding er til stede i lange perioder, skal en godkendt og testet temperatursender installeres på indsugningsflammestopperen for at registrere en kontinuerlig brand. Hvis en kontinuerlig brand registreres, skal pumpen slukkes og isoleres fra brændstofkilden. Kontakt Edwards for rådgivning om godkendte flammestoppere og temperatursendere. For at beskytte flammestopperen og pumpen termisk under sjældne pumpefejlfunktioner (Zone 0), skal en udstødningstemperatursender installeres i pumpens udstødning. Slukningspunkter afhænger af pumpe-systemer. Der henvises til den relevante ATEX-vejledning til pumpen.

Hvis enten temperatursenderen på indsugningen eller udstødningen når maksimumsgrænsen, hvilket indikerer en fejltilstand, skal der handles på passende vis. Dette afhænger af systemet, men kan indeholde:

- **Standstning af brændstofførsel** - Ved at lukke en ventil placeret på indsugningen til vakuumpumpen vil tilførslen af brændstof ind i vakuumpumpen blive forhindret
- **Standstning af antændingskilde** - Stoppe vakuumpumpen ved at slukke for strømmen til motoren
- **Pacificering af brandområdet** - Hurtig tilførsel af inert gas til brandområdet (ofte, men ikke altid i udblæsningsmanifolden på pumpen) vil kvæle flammen. Bemærk, at det er muligt for en flamme at genantænde, hvis antændingskilden ikke fjernes.

6.8 Antændingskilder

Hvor vakuumpumper bruges til at pumpe brændbare blandinger, skal alle mulige antændingskilder overvejes. Nedenfor er der nævnt nogle indsatsområder, som kan bruges til at få et generelt overblik. Afhængigt af processen er det muligt, at nogle eller alle antændingskilder kan undgås. Hvis det ikke er muligt at undgå antændingskilden pga. processtanden eller systemkravet, skal systemet konstrueres i overensstemmelse dermed.

Bemærk:

Nogle Edwards-pumper er certificerede af tredjepart som bekræftelse på, at de (hvis de monteres korrekt) vil inddæmme en intern eksplosion.

- **Mekanisk kontakt** - Mekanisk kontakt mellem roterende og stationære dele indeni vakuumpumpen og systemet kunne skabe en antændingskilde. Alle Edwards-vakuumpumper er konstrueret og bygget til at holde de korrekte kørselsmelle rum indeni pumpen under alle driftsbetingelser. For at undgå denne antændingskilde er det vigtigt at undgå deponering af materialer på de indvendige overflader eller at rengøre pumpen. Lejerne skal holdes i god stand, have tilstrækkelig smøring og passende rensagas for at eliminere kontakt med produktionsgasser. Det anbefalede vedligeholdelsesprogram for lejerne skal følges for at sikre sikker og pålidelig drift.

- **Partikelindtag** - Alle pumpemekanismer kan indtage partikler, der skabes i processen, eller som er et resultat af produktionsprocessen. Når disse kommer imellem en bevægelig og en statisk overflade, kan der dannes varme. En passende indsugningsskærm (trådnet) eller filter vil forhindre, at der trænger partikler ind i vakuumpumpen, så størrelsen og volumen af partiklerne reduceres til en sikker mængde. Der skal sørges for, at der er et passende vedligeholdelsesprogram for indsugningsskærmen.
- **Støvopbygning** - Opbygning af fint, kompakt støv i indre hulrum kan opstå, når der er placeret pumpemekanismer i en støvgenererende proces. Selvom man bruger indsugningsfiltre, er det stadig muligt, at små partikler trænger ind i pumpen. Ved små dimensionelle ændringer, der skyldes varmeændringer, kan kompakt støv komme i berøring med en bevægelig overflade og skabe varme.
- **Kompressionsvarme (selvantændelse)** - Der skal tages højde for den interne kompressionsvarme i en kompressor i forhold til selvantændingstemperaturen for de gasser eller dampe, der pumpes. Det skal sikres, at pumpen har en temperaturklassificering, som er mindst den samme eller højere end de gasser, der pumpes.
- **Varme overflader** - Når brandfarlige gasser eller dampe kan komme i kontakt med en varm overflade, kan de antænde, hvis selvantændingstemperaturen overskrides. Bemærk: Pumper og flammestoppere fra Edwards bør ikke isoleres termisk, hvis dette kan forårsage øgede, indre (og ydre) overfladetemperaturer, hvilket kan føre til selvantænding.
- **Eksternt påført varme** - Eksternt påført varme kan opstå, hvis der for eksempel opstår brand i nærheden af vakuumdstyret. Hvis dette sker, kan der dannes interne tryk, der overstiger det maksimale statiske tryk i systemet, og temperaturer, der overstiger selvantændingstemperaturen. Dette bør der tages højde for under risikoanalysen af systemet.
- **Varm produktionsgasstrøm** - Høje indsugningsgastemperaturer kan medføre, at temperaturen på interne (eller eksterne) overflader overstiger selvantændingstemperaturen for de materialer, der pumpes. Indsugningsgas med høj temperatur kan også føre til rotor-/statorfastløbning. Der henvises til betjeningsvejledningen til vakuumpumpen for maksimalt tilladte interne gastemperaturer. Kontakt Edwards for yderligere rådgivning.
- **Katalytisk reaktion** - Tilstedeværelsen af nogle materialer kan medføre en katalytisk reaktion. Man skal gennemgå alle konstruktionsmaterialer i vakuumsystemet for at vurdere, om denne reaktion kan forekomme sammen med de gasser eller dampe, der pumpes i pumpen.
- **Selvantændingsreaktion** - Varmen fra forbrændingen af selvantændelige materialer, der forårsages af indtrængning af luft eller oxidant, kunne fungere som en antændingskilde for tilstedeværende brandfarligt materiale. Se [Selvantændelige materialer](#) på side 11.
- **Statisk elektricitet** - Der kan under visse forhold opbygges statisk elektricitet på isolerede komponenter inden udledningen sendes til jord i form af en gnist. Under systemkonstruktionen bør man tage højde for potentiel opbygning af statisk elektricitet.
- **Lyn** - Ved placering udendørs kan et lynnedslag skabe antændelsesenergi. Under systemkonstruktionen bør man tage højde for risikoen for en sådan hændelse.

6.9 Oversigt - systemkonstruktion

For at konstruere sikre vakuumpumpesystemer skal de følgende punkter tages i betragtning. Afhængigt af anvendelsen kan der være andre.

- Hvis man pumper farlige materialer, skal man konstruere systemet, så det kun kan køre under sikre forhold
- Brug PFPE-smøremidler (perfluoropolyether) i pumper, der pumper oxidanter
- Hvor inert gas bruges til at reducere koncentrationen af den brændbare gas under den nedre eksplosions- eller antændingsgrænse eller under minimums- eller den nedre oxidantkoncentration, skal integriteten af den inerte gastilførsel sikres.
- Koncentrationen skal også holdes over den øvre eksplosions- eller antændingsgrænse, men passende sikkerhedsforanstaltninger skal implementeres for at sikre, at koncentrationen ikke falder inden for det brændbare område.
- Systemer og udstyr skal lækagetestes for at sikre den nødvendige tæthed før brug.
- Fortynd selvantændelige gasser til sikre niveauer med en inert gas, inden gasserne udstødes til atmosfæren eller blandes med oxidanter
- Tillad ikke kontakt mellem natriumazid og tungmetaller nogen steder i systemets gasledninger
- Tillad ikke systemets maksimale tryk at overstige hver enkelt systemdels individuelle sikkerhedsniveau
- Gennemgå altid sikkerhedsoplysningerne, der følger med de stoffer, der skal pumpes i pumpen
- Brug eventuelt tørpumper i stedet for olieforseglede rotations- eller stempelpumper, når der er risici forbundet med olien i fortrængningsvolumenet
- Når Edwards-vakuumpumper bruges til at pumpe potentielt brændbare blandinger, skal man overveje alle mulige antændingskilder og den potentielle konsekvens af en mulig eksplosion.

7. Det korrekte valg af udstyr

For at sikre, at man vælger det korrekte udstyr til sit anlæg, skal man tage hensyn til de grænser, inden for hvilke systemet skal arbejde. De tekniske oplysninger for Edwards-udstyr findes i vores produktkatalog, markedsføringspublikationer og udstyrets betjeningsvejledning(er). I de fleste tilfælde kan man rekvirere yderligere oplysninger. Kontakt endelig Edwards for yderligere rådgivning.

Når man konstruerer sit vakuumsystem, skal man tage hensyn til de relevante parametre for mekaniske pumper, eksempelvis:

- Maksimalt statisk tryk (indsugning og udstødning)
- Maksimalt indsugningstryk under drift
- Maksimalt udstødningstryk under drift
- Indsugnings- og udstødningskomponenternes ledningsevne
- Trykspecifikationer for de andre komponenter, der er tilsluttet pumpen
- Trykovervågning, hvis udstødningslinjen skulle blive blokeret

For olieforseglede rotations- og stempelpumper skal man eksempelvis også tage højde for:

- Strømningshastighed for gas-ballast
- Olieboksens rensgegennemstrømningshastighed
- Gasser og dampe, der ophobes i olieboxen
- Gasser og dampe, der er absorberet i olien i olieboxen.

Det maksimale statiske tryk definerer det maksimumtryk, som en indsugnings- eller udstødningstilslutning på pumpen kan blive udsat for, når pumpen ikke er i drift. Trykket afhænger af pumpens mekaniske konstruktion.

Olieforseglede rotations- og stempelpumper er konstrueret til drift med indsugningstryk på eller under atmosfærisk tryk og, selvom det maksimale statiske trykniveau kan være over atmosfærisk tryk, må det maksimale indsugningstryk for pumpen ikke overstige det atmosfæriske tryk under drift. Nogle producenter begrænser det kontinuerlige indsugningstryk på deres pumper til tryk under atmosfærisk tryk. Det maksimale indsugningstryk på en pumpe i drift omtales som det maksimale driftstryk.

Årsagen til, at det maksimale driftstryk er begrænset, er ikke nødvendigvis relateret til pumpens mekaniske integritet. Det maksimale tryk er sædvanligvis proportionalt med pumpens effekt ved høje indsugningstryk og hænger sammen med den potentielle risiko for overophedning af de mekaniske komponenter i pumpen eller den elektriske motor.

Af tilsvarende årsager anbefaler vi, at man holder udsugningstryk for vakuumpumpen så lavt som muligt (typisk ved eller under 0,15 bar, $1,15 \times 10^5$ Pa ved kontinuerlig drift). Pumper er konstrueret til at arbejde med ubegrænset udstødning, og et udsugningstryk på 0,15 bar ($1,15 \times 10^5$ Pa) er som regel højt nok til at drive udstødningsgasserne igennem udstødningssystemet og procesudstyret.

7.1 Olieforseglede rotations- og stempelpumper

Edwards' olieforseglede rotationspumper omfatter E1M-, E2M-, ES- og RV-serien af rotationspumper, og Stokes Microvac-serien af olieforseglede stempelpumper. Alle vakuumpumper er generelt konstrueret til at arbejde med indsugningstryk under atmosfærisk tryk og med udstødningen frit ventileret til atmosfæren.

Olieforseglede rotations- og stempelpumper er positive fortrængningskompressorer og kan generere meget høje udstødningstryk, hvis udstødningen er blokeret eller begrænset. I disse tilfælde kan trykkene overstige det sikre, statiske tryk for pumpens oliebox og, i mange tilfælde, det sikre, statiske tryk for nedstrømskomponenter i systemet (såsom polypropylenforstøvere eller vakuum O-ringsamlere). Derfor anbefaler Edwards på det kraftigste, at der monteres en udstødningstryksensor med høj integritet i pumpens udstødningslinje.

For at opnå et sikkert fortyndingsniveau, kan gas-ballasten suppleres med en olieboxrensning (hvor denne funktion er til rådighed) tilsluttet olieboxen på pumpen. Når man øger gas-ballasten og olieboxens rensesegennemstrømningshastigheder, øges mængden af olie, der føres over til udstødningssystemet.

Alle Edwards' olieforseglede pumper har betydelige olieboxvolumener, som kan modstå brændbare og eksplosive gasblandinger. Olien i olieboxen kan effektivt absorbere eller kondensere dampe og gasformige biprodukter. De dampe og gasser, der er fanget i olien, kan være selvantændelige eller giftige. Derfor skal man have specielle håndteringsprocedurer, så man uden risiko kan vedligeholde systemet.

7.2 Edwards-tørpumper

Det maksimale driftstryk er begrænset af de samme faktorer, som påvirker olieforseglede pumper (dvs. den potentielle overophedningsrisiko for pumpens mekaniske komponenter eller den elektriske motor).

Edwards-tørpumper er positive fortrængningskompressorer og kan generere høje udstødningstryk. Når pumperne sættes ind i et system, hvor processen kan resultere i faste biprodukter (hvilket medfører mulighed for blokering af udstødningslinjen), anbefaler Edwards kraftigt, at der monteres en enhed til overvågning af udstødningstrykket med høj integritet. Se pumpens betjeningsvejledning for oplysninger om de driftstryk, som enheden skal indstilles til.

Edwards-tørpumper har en høj gennemløbskapacitet for gas-ballast. Man kan tilføje fortyndingsgas, såsom nitrogen, ind i pumpemekanismen for at optimere reaktionsdæmpningen. Der henvises til betjeningsvejledningen til pumpen for rensesegennemstrømningshastigheder for gasrensning.

7.3 Konstruktion af rørsystem

7.3.1 Bælge

Bælge er korte, tyndvæggede komponenter med dybe vindinger. De bruges til at reducere vibrationsoverførslen fra en pumpe til vakuumsystemet.

Installer altid bælge i en lige linje med begge ender forsvarligt monteret. Når de er installeret korrekt, kan bælge modstå et lille, positivt internt tryk (se betjeningsvejledningen til bælgene for yderligere oplysninger). Brug ikke bælge på tørpumpeudstødninger; brug forgrenede, fleksible rør (se [Fleksible rør](#) på side 28).

Tag højde for muligheden for svækkelsesfejl på bælgene, når de bruges på anlæg med hyppige cykler.

7.3.2 Fleksible rør

Fleksible rør har en tykkere væg og ikke så dybe vindinger som bælge. Fleksible rør er en bekvem løsning til tilslutning af vakuumsystemets komponenter og hjælper med til at

kompensere for justeringsfejl eller små bevægelser i stive vakuumbør. Fleksible rør kan formes med relativt skarpe bøjninger og vil bevare formen.

Fleksible rør er beregnet til installation i statiske systemer. De er ikke egnede til gentagne bøjninger, hvilket ville kunne forårsage svækkelsesfejl.

Når man bruger et fleksibelt rør, skal man gøre det så kort som muligt og undgå unødvendige bøjninger. Til anvendelser, hvor høje udstødningstryk kan forekomme, skal forgrenede, fleksible rør bruges.

Forgrenede, fleksible rør er bælge med et ydre beskyttende lag af vævet, rustfrit stål. Når man installerer et forgrenet, fleksibelt rør, skal man overholde den minimale bøjningsradius, som er opgivet i den betjeningsvejledning, der leveres med det forgrenede, fleksible rør.

7.3.3 Ankerpunkter

Man skal fastgøre rør og rørkomponenter korrekt. Hvis man for eksempel fastgør bælge forkert, vil de ikke reducere den vibration, som pumpen genererer, og dette kan medføre, at røret svækkes.

7.3.4 Forseglinger

Når der er mulighed for, at der opstår positive tryk i en del af vakuumsystemet (selv ved fejl), skal man bruge passende forseglingstyper og -materialer, som kan holde til det forventede vakuum og positive tryk.

7.4 Fysisk overtryksbeskyttelse

Som omtalt tidligere kan overtryk forårsages af en begrænsning eller blokering i systemet eller i en af komponenterne. Overtrykket kan være et resultat af komprimeret gasstrøm fra pumpen eller fra eksterne forsyninger af komprimeret gas (som f.eks. forsyninger til et fortyndingssystem). Der findes to hovedmetoder til overtryksbeskyttelse af systemet: dvs. trykudligning og overtryksalarm/-udløser, som er beskrevet i de følgende afsnit.

7.4.1 Trykudligning

Man kan bruge brudskiver eller trykudligningsventiler til at udligne en overtryktilstand. Driftstrykket på enheden skal være under systemets konstruktionstryk. Man skal tilslutte disse enheder med egnede rør til et område, hvor det er sikkert at ventilere produktionsgasserne, og som ikke har ventilationsbegrænsninger. Hvis processen producerer faste biprodukter, skal trykudligningsenhederne efterses regelmæssigt for at sikre, at de ikke er blokerede eller begrænsede. Konstruktionen af sådanne beskyttelsesenheder bør tage højde for trykpulseringens effekt på træthedstiden af brudskiven eller ventilen.

7.4.2 Overtryksalarm/-udløser

Denne beskyttelsesmetode anvendes ofte hos Edwards. Denne beskyttelsestype anbefales til alle systemer, men er muligvis ikke velegnet til systemer, som producerer faste biprodukter.

7.4.3 Trykregulatorer

Der er to vigtige trykregulatorer: Ventilering og ikke-ventilering.

Ventilationsregulatorer ventilerer gas til atmosfæren eller til et separat ventilationsrør for at opretholde et konstant udstødningstryk, når der ikke er gennemstrømning.

Ventilationsregulatorer bruges almindeligvis, når rørintegritet er meget vigtigt.

Ikke-ventilerende regulatorer kan kun opretholde et konstant udstødningstryk, når der er gennemstrømning.

Når der ikke er gennemstrømning, kan udstødningstrykket på nogle regulatorer stige til forsyningstrykkets niveau. Stigningsraten er afhængig af regulatoren og den volumen, som udstødningen er tilsluttet. Stigningen kan tage fra få minutter til adskillige måneder.

Trykregulatorer er ikke konstrueret som lukkeventiler og skal bruges sammen med en egnet isolatorenhed (såsom en elektromagnetisk ventil), når det er nødvendigt med isolering. Ellers skal man sørge for, at det er sikkert at ventilere overskydende tryk.

7.4.4 Flammestoppere

Flammestoppere er ikke eksplosionsforebyggende enheder. De er konstrueret til at forhindre spredning af en flammefront langs med et rør eller en kanal (der henvises til [Brug af flammestoppere som beskyttelsessystemer](#) på side 24). Flammestoppere har en stor overflade og små ledningsevneåbninger til flammefronten og kvæler derved flammen. Flammestoppere er generelt kun egnede til systemer, som bruges til rene gasser eller dampe.

Den eksplosive energi i gasblandinger øges ved tryk. De fleste flammestoppere er konstrueret til at beskytte områder, hvor det interne tryk ikke overstiger atmosfærisk tryk. Man skal sikre sig, at driftstrykket i udstødningssystemet, der fører op til flammestopperen, ikke får lov til at overstige det maksimale driftstryk. Der henvises dog til ATEX-betjeningsvejledningen for maksimalt tilladte tryk i tilfælde af flammestoppere, der er certificeret til brug med Edwards Chemical-tørvakuumpumper. Vakuumpumpens maksimalt tilladte bagtryk skal også tages i betragtning.

Flammestoppere fungerer ved at fjerne varmen fra forbrændingen fra flammefronten og har derfor en maksimal sikker driftstemperatur. Denne temperatur må ikke overskrides ved opvarmningssporing, isolering eller temperaturen på den gas, der strømmer igennem dem.

En flammestoppers evne til at standse en flamme afhænger af flammefrontens hastighed, som igen afhænger af afstanden til antændingskilden. Når de bruges med Edwards Chemical-vakuumpumper, skal de være koblet tæt til indsugning og udstødning. Man kan bruge vinkelrør og t-stykker mellem pumpe og flammestopper til visse pumper under visse omstændigheder. Kontakt Edwards for rådgivning.

7.5 Rensningssystemer

Rensningssystemer til inert gas kan monteres på udstyret for at fjerne tilbageværende produktionsgas i systemet efter afslutningen af en produktionscyklus.

Korrekt brug af rensning kan sikre, at ætsende produkter bliver fjernet, hvilket forhindrer, at de beskadiger pumpen og endnu vigtigere beskyttelsessystemerne såsom flammestoppere. Derudover sikrer fjernelsen af produktionsgasser, at uønskede og potentielt farlige kemiske reaktioner ikke opstår mellem de materialer, der bruges i forskellige produktionscykler.

7.6 Oversigt - det korrekte valg af udstyr

- Vælg det rette udstyr til anvendelsen
- Sørg for at montere alle de passende sikkerhedsenheder, som er nødvendige for at sikre anlægget i tilfælde af fejl

- Eliminer stillestående volumener
- Sørg for, at systemet bliver styret og reguleret på passende vis
- Hvor det er passende, monteres trykudligningsenheder
- Hvor det er passende, bruges der flammestoppere
- Systemer og udstyr skal lækagetestes før brug.

8. Driftsprocedurer og uddannelse

Udstyrets driftssikkerhed kræver passende uddannelse, klare og præcise instrukser og regelmæssig vedligeholdelse. Det er vigtigt, at alt personale, som bruger vakuumudstyret, er tilstrækkeligt uddannet, kvalificeret og, når det er nødvendigt, superviseret.

Hvis man er usikker på detaljerne i forbindelse med sikkerhed eller drift af Edwards-udstyr, er man velkommen til at kontakte Edwards.

9. Oversigt

- Foretag en risikovurdering for at identificere og, hvor det er muligt, eliminere og, hvis ikke, begrænse alle risici. Denne risikovurdering skal gennemføres for vakuumsystemets konstruktion, opbygning, idriftsætning, drift, vedligeholdelse og udrangering.
- Gennemgå alle potentielle kemiske reaktioner i systemet. Sørg for at tage højde for unormale kemiske reaktioner, inklusive dem, der kan finde sted, når der sker fejl.
- Se databladene om materialesikkerhed ved vurdering af de potentielle risici i forbindelse med de behandlede materialer, for eksempel selvantændelse.
- Brug fortyndingsteknikker til at minimere reaktionerne med oxidanter og brandfarlige materialer.
- Brug det rigtige smøremiddel i pumpen, når der pumpes oxidanter og selvantændelige materialer.
- Brug ikke tungmetaller i pumpesystemets gasledning, hvis processen producerer eller anvender natriumazid.
- Ved sikkerhedskalkulationer skal man sikre sig, at der er taget højde for sikkert driftstryk for alle komponenter i systemet. Sørg for, at der også tages højde for unormale forhold og fejl.
- Sørg for at installere korrekte trykudligningsenheder, og at de passer til anvendelsen.
- Sørg for, at udstødningen ikke kan blokeres.
- Sørg for, at fortyndingsgasser er ordentligt reguleret og overvåget.
- Hvis man pumper farlige materialer, skal man konstruere systemet, så det kun kan køre under sikre forhold.
- Brug PFPE-olie (perfluoropolyether) og smøremidler i pumper, der pumper oxidanter.
- Brug en inert gas til at fortynde brændbar og selvantændelig gas til sikre niveauer, eller til at sikre, at man holder sig over den øvre brændbarheds-/eksplosionsgrænse, hvor passende sikkerhedsfaktorer under alle procestilstande, inklusive fejl, tages i betragtning.
- Tillad ikke systemets maksimale tryk at overstige hver enkelt systemdels maksimale tryk.
- Undersøg, om det er bedre at bruge tørpumper i stedet for olieforseglede pumper, når der er risiko forbundet med olie i fortrængningsvolumenet.
- Eliminér stillestående volumener.
- Sørg for, at systemet bliver styret og reguleret på passende vis.
- Hvor det er passende, bruges der flammestoppere.
- Systemer og udstyr skal lækagetestes før brug.

