



Vacuümpomp en vacuümsystemen

VEILIGHEIDSINSTRUCTIEHANDLEIDING

Opmerking betreffende auteursrechten

©Edwards Limited 2019. Alle rechten voorbehouden.

Inhoud

1. Inleiding	5
1.1 Bedoeling van deze publicatie	5
1.2 Ontploffingsrisico's	5
2. Risicotoestanden	7
2.1 Ontwerpfase	7
2.2 Constructie	7
2.3 Bediening / inbedrijfstelling	8
2.4 Onderhoud / buitengebruikstelling	8
3. Risico's i.v.m. chemicaliën	9
3.1 Chemische reacties en ontploffingen	9
3.1.1 Homogene reacties	9
3.1.2 Heterogene reacties	9
3.2 Problemen met abnormale reacties	9
3.3 Ontploffingsgevaaren	10
3.3.1 Oxidatiemiddelen	10
3.3.2 Ontvlambare / explosieve materialen	11
3.3.3 Pyrofore materialen	11
3.3.4 Natriumazide	12
3.4 Giftige of bijtende materialen	12
3.4.1 Giftige materialen	13
3.4.2 Bijtende materialen	13
3.5 Samenvatting: risico's i.v.m. chemicaliën	14
4. Fysische risico's	15
4.1 Risico's i.v.m. overdruk	15
4.2 Overdruk in de pompuitlaat	15
4.3 Beveiliging tegen overdruk in de uitlaat	15
4.4 Overdruk in de inlaat	16
4.4.1 Toevoer van samengeperst gas en tegendruk	16
4.4.2 Incorrecte pompwerking	17
4.5 Samenvatting: fysische oorzaken van risico's	17
5. Risicoanalyse	18
6. Systeemontwerp	19
6.1 Toelaatbare drukwaarden in een systeem	19
6.2 Verwijderen van in rust zijnde volumes	19
6.3 Uitlaatextractiesystemen	20
6.4 Oorzaken van mogelijk explosieve gas- of dampmengsels	20

6.5 Vermijden van het ontvlambaarheidsbereik.	21
6.6 Niveaus van systeemintegriteit.	23
6.7 Gebruik van beveiligingssystemen met vlambeveiliging.	24
6.8 Ontstekingsbronnen.	25
6.9 Samenvatting: systeemontwerp.	26
7. De juiste keuze van uitrusting.	28
7.1 Schotten- en zuigerpompen met oliedichting.	28
7.2 Drooglopende pompen van Edwards.	29
7.3 Leidingontwerp.	29
7.3.1 Balgen.	29
7.3.2 Flexibele leidingen.	30
7.3.3 Verankeringspunten.	30
7.3.4 Afdichtingen.	30
7.4 Fysische beveiliging tegen overdruk.	30
7.4.1 Drukontlasting.	30
7.4.2 Alarm/uitschakeling bij overdruk.	31
7.4.3 Drukregelaars.	31
7.4.4 Vlambeveiligingen.	31
7.5 Drukreinigingssystemen.	32
7.6 Samenvatting: de juiste keuze van uitrusting.	32
8. Bedieningsvoorschriften en opleiding.	33
9. Samenvatting.	34

Edwards Ltd. wijst alle aansprakelijkheid en garantie met betrekking tot de nauwkeurigheid, de praktijk, de veiligheid en de resultaten van de informatie, procedures of de toepassing hiervan, zoals in dit document beschreven, af. Edwards Ltd. aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enig verlies of schade als gevolg van het zich baseren op de informatie in deze presentatie of omdat de verstrekte informatie in enig opzicht onjuist of onvolledig is. De hierin vervatte informatie is louter advies, en hoewel Edwards richtlijnen kan geven ten aanzien van de mogelijke risico's van het gebruik van gevaarlijke stoffen is de eindgebruiker verantwoordelijk voor het verrichten van een risico- en gevarenanalyse voor zijn specifieke bedrijfsactiviteiten en -omgeving, en voor het naleven van de overheidsvoorschriften.

1. Inleiding

1.1 Bedoeling van deze publicatie

Dit document bevat veiligheidsinformatie betreffende technische kenmerken, ontwerp, werking en onderhoud van vacuümpompen en vacuümsystemen.

Het document beschrijft enkele mogelijke risico's die zich kunnen voordoen en geeft richtlijnen als hulpmiddel om veiligheidsrisico's tot een minimum te beperken en om dergelijke risico's, als ze zich toch zouden voordoen, efficiënt aan te pakken en op te lossen.

Dit document is bedoeld als leidraad voor al wie te maken krijgt met technische voorschriften, ontwerp, installatie, bediening of onderhoud van vacuümpompen en vacuümsystemen. Raadpleeg bij voorkeur ook nog de volgende informatie:

- De gebruiksaanwijzingen en instructiehandleidingen van uw uitrustingen
- Informatie geleverd door de leveranciers van uw procesgassen en -chemicaliën
- Informatie geleverd door uw veiligheidsafdeling.



WAARSCHUWING:

Niet-naleving van de in deze instructiehandleiding en de desbetreffende pompinstructiehandleiding verstrekte veiligheidsinstructies kan leiden tot ernstig letsel of de dood.

Wenst u nog bijkomende informatie over de geschiktheid van Edwards-producten voor uw procestoepassingen of over veiligheidsaspecten van uw vacuümpompen of vacuümsystemen? Neem dan contact op met uw leverancier of met Edwards.

1.2 Ontploffingsrisico's

Opmerking:

Er zijn Edwards-pompen verkrijgbaar die voldoen aan de Europese ATEX-richtlijn voor apparatuur die wordt gebruikt in potentieel explosiegevaarlijke omgevingen.

Onverwachte ontploffingen worden altijd veroorzaakt door afwijkingen van de veiligheidsrichtlijnen. Toch noteren we in het verleden enkele zeer krachtige explosies met ernstig verwondings- of levensgevaar.

Vaak voorkomende oorzaken van een hevige breuk in een onderdeel van het vacuümsysteem zijn: ontsteking van ontvlambare materialen of blokkering of vernauwing van de pompuitlaat. Om gevaarlijke toestanden te vermijden, moet u de volgende informatie aandachtig doornemen ter verzekering van een veilige werking van uw vacuümpompen en -systemen.

- Tenzij uw systeem is ontworpen voor het verpompen van materialen bij concentraties die kunnen leiden tot ontsteking in de vacuümpomp, moet u mengsels van ontvlambare stoffen en oxidatiemiddelen buiten het ontvlambaarheidsbereik houden. U kunt hiervoor eventueel een inert zuiveringsgas gebruiken. Zie [Vermijden van het ontvlambaarheidsbereik](#) op pagina 21.
- Zorg ervoor dat de uitlaat niet verstopt kan raken, hetzij door mechanische componenten (bijvoorbeeld kleppen of blindflenzen) hetzij door procesmaterialen

of nevenproducten die zich vastzetten in leidingen, filters en andere uitlaatcomponenten, tenzij uw systeem daartegen is toegerust.

- Gebruik uitsluitend PFPE-oliën (perfluoropolyether) voor pompmechanismen die worden blootgesteld aan hoge concentraties zuurstof of andere oxidatiemiddelen. Andere olietypes die als "niet ontvlambaar" op de markt worden verkocht, mogen enkel worden gebruikt in combinatie met oxidatiemiddelen in concentraties tot 30% vv.
- Zorg ervoor dat er nooit een ongewenste overdruk kan optreden in een doelbewust gesloten en afgescheiden vacuümsysteem, bijvoorbeeld als gevolg van een fout in een drukregelaar of in een regelsysteem voor drukreiniging.
- In situaties waarbij het verpompte product hevig met water kan reageren, raden wij een ander koelmateriaal dan water aan (bv. warmtetransportvloeistof) om in het koelcircuit te gebruiken. Raadpleeg Edwards voor advies.

2. Risicotoestanden

Risico's kunnen optreden in alle fasen van de levensduur van een systeem. Deze fasen zijn:

- Ontwerpfase
- Constructie
- Bediening / inbedrijfstelling
- Onderhoud / buitengebruikstelling.

Hieronder vindt u een samenvatting van de diverse probleemtipes voor iedere fase. In alle omstandigheden moet u goed beseffen dat risicotoestanden in uw systeem enkel tot een minimum kunnen worden beperkt als u de uitrusting en processen/toepassingen in het systeem door en door kent. In geval van twijfel raadpleegt u steeds uw leveranciers voor nadere informatie of advies.

2.1 Ontwerpfase

Tijdens het ontwerpen van uw systeem moet u het juiste type uitrusting voor uw toepassing kiezen. Daarbij houdt u rekening met:

- de technische kenmerken van de uitrusting
- de materialen die u voor de bouw of montage van uw uitrusting gebruikt
- de verbruiksproducten die u in combinatie met de uitrusting gebruikt (zoals smeermiddelen en werkvloeistoffen)
- de procesvoorwaarden en -materialen.

Denk ook goed na over de algemene geschiktheid van de uitrusting voor uw toepassing en zorg ervoor dat de uitrusting altijd wordt gebruikt conform de voorgeschreven bedrijfsvoorwaarden.

Stel ontwerpprocedures op teneinde ontwerpfouten tot een minimum worden te beperken. Dergelijke procedures moeten ook een onafhankelijke controle van ontwerpberekeningen omvatten, evenals raadplegingsmogelijkheden i.v.m. ontwerpparameters.

Risicoanalyse moet een vast onderdeel van uw ontwerpbeoordeling zijn. U kunt heel wat gevaren of risico's voorkomen door een zorgvuldig overleg i.v.m. het gebruik van de uitrusting in uw systeem.

2.2 Constructie

Beperk de kans op een risicotoestand tijdens de uitvoering/bouw van uw systeem door inschakeling van bekwaam en gekwalificeerd personeel en door een strikte toepassing van de procedures voor kwaliteitsbewaking. Bekwaam en ervaren personeel kent de juiste onderdelen die tijdens de montage nodig zijn en herkent ook foutief of gebrekkig vervaardigde onderdelen en uitrusting. Procedures voor kwaliteitsbewaking zijn een onmisbaar hulpmiddel voor het opsporen en corrigeren van gebrekkige uitvoeringen, en garanderen ook dat de technische ontwerpvoorschriften nauwgezet worden opgevolgd.

Het personeel moet zorgvuldig te werk gaan en alle preventieve veiligheidsmaatregelen in acht nemen tijdens het installeren van de nieuwe uitrusting in een systeem waarin giftige, bijtende, ontvlambare, verstikkende, pyrofore of andere gevaarlijke stoffen worden verpompt of geproduceerd of nog aanwezig zijn.

De elektrische uitrusting moet door bekwame / gekwalificeerde technici worden geïnstalleerd, in overeenstemming met alle geldende lokale en nationale elektriciteitsvoorschriften.

2.3 Bediening / inbedrijfstelling

Risicotoestanden kunnen tijdens werking/bediening van de uitrusting worden veroorzaakt door storingen of defecten in de uitrusting of onderdelen ervan, als gevolg van veroudering, onjuist gebruik of gebrekkig onderhoud. Beperk de kans op zulke risico's door een behoorlijke opleiding te geven in het gebruik (en onderhoud) van de uitrusting. Waar nodig raadpleegt u de door Edwards en uw andere leveranciers verstrekte informatie in de vorm van instructiehandleidingen, opleidingspakketten en klantenservice.

2.4 Onderhoud / buitengebruikstelling

Om te voorkomen dat personeel met gevaarlijke stoffen in contact komt, moet er extra voorzichtig worden gewerkt en moeten alle preventieve veiligheidsmaatregelen in acht worden genomen tijdens het onderhoud van een systeem waarin giftige, bijtende, ontvlambare, pyrofore, verstikkende en andere stoffen worden verpompt of geproduceerd.

Er moet ook bijzondere aandacht worden besteed aan een gepland onderhoudsprogramma en aan de veilige afvoer van onderdelen die door gevaarlijke stoffen verontreinigd kunnen raken. Voor alle apparatuur moet u het onderhoudsadvies in de instructiehandleidingen opvolgen om te zorgen voor een veilige en betrouwbare werking. Doorgaans gelden er voor ATEX-systemen aanvullende voorschriften.

3. Risico's i.v.m. chemicaliën

3.1 Chemische reacties en ontploffingen

Bestudeer zorgvuldig alle mogelijke chemische reacties die op een bepaald ogenblik in uw vacuümsysteem kunnen optreden bij normaal gebruik, foutief gebruik of storingen. U moet vooral rekening houden met reacties waarbij gassen en dampen zijn betrokken omdat die tot ontploffingen kunnen leiden. Uit ervaring weten we dat er zich ontploffingen hebben voorgedaan waarbij materialen waren betrokken die niet origineel door de systeemontwerper waren voorzien, en waarbij geen rekening was gehouden met de stortingstoestand van zulke uitrusting.

3.1.1 Homogene reacties

Homogene reacties treden op in de gasfase, tussen twee of meer types gasmoleculen. Gasverbrandingsreacties behoren meestal tot deze categorie. Zo weten we bijvoorbeeld dat de reactie tussen silaan (SiH_4) en zuurstof (O_2) altijd homogeen is. Als u daarom zulke reacties hebt in een vormgevingsprocessen, moet u steeds zorgvuldig de procesdruk en concentraties van reactiebestanddelen ter voorkoming van overmatige reactiesnelheden controleren.

3.1.2 Heterogene reacties

Heterogene reacties kunnen enkel ontstaan op een vast oppervlak: sommige gasmoleculen reageren enkel wanneer zij op een oppervlak worden geadsorbeerd, maar reageren niet in de gasfase bij lage drukwaarden. Dit type reactie is ideaal voor bepaalde processen: een heterogene reactie minimaliseert immers de effecten van reacties die binnen in de proceskamer optreden, beperkt de ontwikkeling van stofdeeltjes en vermindert de kans op verontreiniging.

De meeste heterogene reacties worden evenwel homogeen bij hogere drukwaarden, vaak nog een heel eind onder atmosferische druk. Dit betekent dat de wijze waarop gassen in proceskamers reageren niet noodzakelijkerwijs in verhouding staat tot de reactiewijze bij samenpersing door een vacuümpomp.

3.2 Problemen met abnormale reacties

Abnormale reacties kunnen optreden wanneer chemicaliën in contact komen met gassen of materialen die niet door de systeemontwerper zijn voorzien. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer er via een lek atmosferische gassen in het systeem kunnen lekken, of wanneer giftige, ontvlambare, explosieve of anderszins gevaarlijke gassen naar de atmosfeer kunnen ontsnappen.

Om het optreden van dergelijke reacties te voorkomen, moet u een lekdichtheidsdruk van 1×10^{-3} mbar l/s^{-1} (1×10^{-1} Pa l/s^{-1}), of nog lager, in uw systeem handhaven.

Hoogvacuümtoepassingen zouden karakteristiek een lekdichtheidsdruk van 1×10^{-5} mbar l/s^{-1} (1×10^{-3} Pa l/s^{-1}) of nog lager handhaven. Zorg er tevens voor dat alle afsluiters en kleppen in uw systeem bij de klepzittingen lekdicht zijn.

Gassen die doorgaans niet met elkaar in contact komen tijdens de procescyclus, kunnen niettemin vermengd raken in het pompsysteem en de uitlaatpijpen.

Het is mogelijk dat waterdamp of reinigingsoplossingen in de proceskamer achterblijven na routine-onderhoudsprocedures. Bijvoorbeeld nadat de proceskamer werd gespoeld en gereinigd. Waterdamp kan eveneens in het systeem binnendringen via uitlaatleidingen en gaswassers in de uitlaat.

Wanneer er oplosmiddelen worden gebruikt om procesbezinksels uit het vacuümsysteem te verwijderen, is het belangrijk ervoor te zorgen dat het gekozen oplosmiddel verenigbaar is met alle procesmaterialen in het vacuümsysteem.

3.3 Ontploffingsgevaaren

De oorzaak van ontploffingsgevaaren kan meestal in een van de volgende categorieën worden gesitueerd:

- Oxidatiemiddelen
- Ontvlambare / explosieve materialen
- Pyrofore materialen
- Natriumazide.

Merk op dat leveranciers van procesmaterialen in de EU-lidstaten (en in een aantal andere landen) wettelijk verplicht zijn om de fysische en chemische gegevens voor materialen die zij verkopen te publiceren (gewoonlijk in de vorm van veiligheidsinformatiebladen). De gegevensfiche van een materiaal moet, indien van toepassing, informatie bevatten over de hoogste en laagste explosiegrenswaarden, de fysische en thermodynamische eigenschappen van het materiaal en eventuele gezondheidsrisico's die het gebruik van het materiaal inhoudt. Gebruik deze informatie als leidraad.

3.3.1 Oxidatiemiddelen

Oxidatiemiddelen zoals zuurstof (O₂), ozon (O₃), fluor(gas) (F₂), stikstoftrifluoride (NF₃) en wolframhexafluoride (WF₆) worden vaak in vacuümsystemen gepompt. Oxidatiemiddelen reageren met een brede waaier aan stoffen en materialen, en de reactie ontwikkelt vaak warmte en doet de gasdruk toenemen. Daaruit volgen mogelijke risico's zoals brand en overdruk in het pomp- en/of uitlaatsysteem.

Om deze gassen veilig te verpompen moet u de veiligheidsinstructies van de gasleverancier volgen, evenals de volgende aanbevelingen:

- Gebruik steeds een PFPE-smeermiddel (perfluoropolyether) in pompen die gebruikt worden voor het verpompen van zuurstof in concentraties van meer dan 25% per volume in een inert gas.
- Gebruik PFPE-smeermiddelen in pompen die gebruikt worden om gassen te verpompen waarbij het percentage zuurstof normaal lager is dan 25% per volume, maar dat bij een defect zou kunnen stijgen tot meer dan 25% per volume. Indien andere oxidatiemiddelen dan zuurstof worden verpompt, moet u de leverancier van het smeermiddel raadplegen over het aanbevolen zuurstofniveau.
- PFPE-smeermiddelen genieten de voorkeur, maar ook smeermiddelen op koolwaterstof zijn bruikbaar indien er een geschikte inerte gaszuivering wordt gebruikt om te garanderen dat de olie niet in contact kan komen met onveilige concentraties van het oxidatiemiddel.

Onder normale omstandigheden zullen PFPE-smeermiddelen niet oxideren of afbreken in een oliekast of tandwielkast van een schotten- of zuigerpomp met oliedichting, waardoor het gevaar voor een ontploffing veel kleiner wordt.

Merk op dat thermische afbraak van PFPE-smeermiddelen kan optreden bij een temperatuur van 290 °C of hoger als er lucht en ferrometalen aanwezig zijn. Thermische afbraak is echter ook mogelijk bij een lagere temperatuur (vanaf 260 °C) bij aanwezigheid van titanium, magnesium, aluminium of legeringen daarvan.

Wenst u geen PFPE-smeermiddelen te gebruiken in schotten- of zuigervacuümpompen met oliedichting, dan kunt u het oxidatiemiddel verdunnen tot een veilige concentratie met een inert gas zoals droge stikstof. Deze methode is enkel bruikbaar voor oxidatiegassen op lage debieten. Installeer veiligheidsinrichtingen in uw systeem om ervoor te zorgen dat het minimumdebiet van het inerte verdunningsgas, dat nodig is om de concentratie van het oxidatiemiddel tot een veilig niveau te verlagen, altijd beschikbaar is en dat het debiet van het oxidatiemiddel niet hoger wordt dan het maximaal toegelaten debiet. U moet uw systeem zo ontwerpen dat de toevoerstream van het oxidatiemiddel onmiddellijk stopt indien aan deze voorwaarden niet is voldaan.

Gebruik bij voorkeur drooglopende pompen van Edwards om oxidatiemiddelen te verpompen (zie [Drooglopende pompen van Edwards](#) op pagina 29). Drooglopende pompen hebben geen afsluitvloeistoffen in het verplaatste (slag)volumen. Zo wordt de kans beduidend kleiner dat er zich een explosie kan voordoen indien u bij de verwerking van oxidatiemiddelen gebruikmaakt van een drooglopende pomp. Edwards beveelt een inerte gaszuivering aan voor de lagers en voor de tandwielkast wanneer een smeermiddel op basis van koolwaterstof wordt gebruikt.

3.3.2 Ontvlambare / explosieve materialen

Veel gassen en stoffen, zoals waterstof (H₂), acetyleen (C₂H₂), propaan (C₃H₈) en fijne siliconenstof zijn in bepaalde concentraties ontvlambaar en/of explosief in een oxidatiemiddel bij aanwezigheid van een ontstekingsbron. Een ontstekingsbron kan bijvoorbeeld ontstaan bij een plaatselijke warmteophoping. Dit aspect komt aan bod in [Ontstekingsbronnen](#) op pagina 25.

U kunt het explosiegevaar vermijden door de concentratie van het potentieel ontvlambare mengsel buiten het ontvlambaarheidsbereik te houden. Meer details hierover vindt u in [Vermijden van het ontvlambaarheidsbereik](#) op pagina 21.

Nog een andere methode die u kunt toepassen om het explosiegevaar te beperken, is de ontstekingsbron verwijderen. Meer details hierover vindt u in [Ontstekingsbronnen](#) op pagina 25.

Als het ontvlambaarheidsbereik niet kan vermeden worden, moet u ervoor zorgen dat de uitrusting zodanig is ontworpen dat deze iedere ontploffing vermijdt of onder controle houdt, zonder breukschade of vlamprojectie naar de buitenlucht toe. Het gebruik van vlambeveiliging wordt besproken in [Gebruik van beveiligingssystemen met vlambeveiliging](#) op pagina 24. Indien de omgevingslucht van uw vacuümsysteem gevaarlijk is, moet u ervoor zorgen dat alle apparatuur daarvoor geschikt is.

In de Europese Unie geeft de ATEX-richtlijn heldere richtsnoeren voor het ontwerp van apparatuur die wordt gebruikt in potentieel explosiegevaarlijke omgevingen.

Als de verpomping van potentieel explosiegevaarlijke omgevingen in alle omstandigheden vermeden kan worden, kunnen alle types Edwards-vacuümpompen worden gebruikt voor het verpompen van ontvlambare dampen of gassen.

3.3.3 Pyrofore materialen

In de meeste omstandigheden zijn pyrofore gassen zoals silaan (SiH₄) en fosfine (PH₃) of pyrofore stoffen spontaan ontvlambaar in de lucht bij atmosferische druk, zodat verbranding

zou kunnen optreden wanneer deze gassen in contact komen met lucht of met andere oxidatiemiddelen en de druk hoog genoeg is om ontbranding mogelijk te maken. Dit kan gebeuren als er lucht in het systeem lekt of als de uitlaat van het systeem in contact komt met de atmosfeer. De hitte die ontstaat bij de reactie van een oxidatiemiddel met een pyrofoor gas kan leiden tot de ontsteking van explosieve materialen.

Als uitlaatgassen uit andere processen worden ontlucht door een gemeenschappelijk extractiesysteem, kan dit leiden tot een verbranding en/of ontploffing. Daarom is het aanbevolen dat u onafhankelijke (d.w.z. afzonderlijke, gescheiden) extractiesystemen gebruikt bij het verpompen van pyrofore materialen.

Processen die fosfor gebruiken, kunnen ertoe leiden dat vast fosfor condenseert in het vacuümsysteem of de uitlaat. In aanwezigheid van lucht en bij zelfs maar de geringste mechanische beweging (bv. activering van een klep of pomprotatie veroorzaakt door een drukverschil) kan fosfor spontaan ontbranden en toxische gassen vrijgeven. Het verdient aanbeveling dat de pompen worden bediend met een inerte gaszuivering en op een voldoende hoge temperatuur worden gebruikt om de condensatie van fosfor te minimaliseren.

PFPE-smeermiddelen kunnen procesgassen absorberen die, in geval van pyrofore materialen, kunnen leiden tot een plaatselijke ontsteking wanneer het smeermiddel in contact komt met lucht. Dit risico wordt heel reëel tijdens onderhouds- of reparatiewerk of wanneer een oxidatiemiddel na een pyrofoor gas of een pyrofore stof door het systeem wordt gepompt. U kunt de kans dat dit risico zich voordoet, aanzienlijk verkleinen door gebruik te maken van drooglopende pompen van Edwards die geen smeermiddelen in het verplaatste (slag)volumen hebben. U moet alle pyrofore materialen passiveren alvorens u deze ontlucht of verwerkt.

3.3.4 Natriumazide

Natriumazide wordt af en toe gebruikt ter voorbereiding van producten voor vriesdroging, en ook in andere productieprocessen. Natriumazide kan hydrozoïsch zuur produceren. Hydrozoïsche zuurdampen kunnen met zware metalen reageren en zo onstabiele metaalaziden vormen. Deze aziden kunnen spontaan ontploffen.

Voorbeelden van zware metalen:

- | | | |
|--|-----------|-----------|
| • Barium | • Cadmium | • Caesium |
| • Calcium | • Koper | • Lood |
| • Lithium | • Mangaan | • Kalium |
| • Rubidium | • Zilver | • Natrium |
| • Strontium | • Tin | • Zink |
| • Koper- en zinklegeringen (zoals messing) | | |

Messing, koper, cadmium, tin en zink worden vaak gebruikt in diverse onderdelen van vacuümpompen, toebehoren en leidingen. Als uw processysteem natriumazide gebruikt of produceert, moet u ervoor zorgen dat de gasstroom in uw processysteem geen zware metalen bevat.

3.4 Giftige of bijtende materialen

Veel vacuümtoepassingen omvatten de verwerking en behandeling van giftige en bijtende materialen en vereisen specifieke procedures.

3.4.1 Giftige materialen

Giftige materialen vormen op zich al een gevaar voor de gezondheid. Het risico hangt echter af van het specifieke materiaal en zijn relatieve concentratie. Neem de juiste behandelingsprocedures in acht die door de leverancier van het materiaal ter beschikking worden gesteld en houd u aan de toepasselijke wetgeving.

U moet ook rekening houden met de volgende punten:

- **Gasverduunning** – Het is technisch mogelijk om giftige procesgassen te verdunnen wanneer deze door de vacuümpomp en vervolgens naar de uitlaat stromen. U kunt deze verdunningsmethode toepassen om de concentratie onder de giftigheidsgrenswaarde te houden. Wij bevelen aan dat u de toevoer van verdunningsgas naar het alarm controleert wanneer de toevoer faalt. Met name in het geval van pompen met oliedichting moet u de instructiehandleiding van de pomp raadplegen voor de mogelijk vereiste olietourkit.
- **Lekdetectie** – Edwards-vacuümsystemen zijn meestal ontwerpmatig berekend op een lektheid tot een drukniveau van $< 1 \times 10^{-3}$ mbar l/s-1 ($< 1 \times 10^{-1}$ Pa l/s-1). De lektheid van een aangesloten systeem kan echter niet worden verzekerd. Gebruik een geschikte leksporingmethode (bv. lekdetectie d.m.v. heliumspectrometrie) om de foutvrijheid van het vacuüm- en uitlaatsysteem te bepalen.
- **Asafdichting (drooglopende pompen van Edwards)** – Veel drooglopende vacuümpompen gebruiken een gaszuiveringssysteem ter verzekering dat procesgassen niet in de tandwielkast en de lagers kunnen binnendringen en aldus mogelijkerwijze naar de atmosfeer ontsnappen. U moet de foutvrijheid van deze gastoevoer verzekeren tijdens de behandeling van giftige materialen. Niet-ontluchtende regelaars zijn verplicht in combinatie met een terugslagklep, zoals beschreven in *Drukregelaars* op pagina 31.
- **Asafdichting (andere pompen van Edwards)** – De constructies met afdichting van met olie gesmeerde assen (bijvoorbeeld mechanische EH-stuwpompen en EM-schottenpompen) minimaliseren het risico van procesgaslekken (of van inlekking van lucht), en kunnen een visuele waarschuwing geven (olielek of verlaging van het oliepeil) vooraleer er een gevaar optreedt. Andere afdichtingsconstructies kunnen mogelijk niet steeds een adequate waarschuwing geven voor een defect.
- **Magnetische aandrijvingen** – Wanneer een totale hermetische afdichting noodzakelijk is, kunnen Edwards EDP drooglopende vacuümpompen worden uitgerust met een magnetische aandrijving. Deze heeft een keramisch veiligheidsreservoir dat een asafdichting op de motorinlaat overbodig maakt.

Als overdrukkleppen of breeschijven worden gebruikt om overdruk af te voeren, zorg er dan voor dat ze veilig worden ontlucht naar een geschikt uitlaatsysteem, ter voorkoming van giftigheidsrisico's.

Als u een verontreinigde vacuümuitrusting naar Edwards terugstuurt voor reparatie of onderhoud, volg dan steeds de specifieke procedures (formulier HS1) en vul de aangifte (formulier HS2) in zoals vermeld in de met de uitrusting meegeleverde instructiehandleiding.

3.4.2 Bijtende materialen

Wanneer u bijtende materialen verpompt met Edwards-vacuümpompen moet u rekening houden met de volgende punten:

- **Binnendringing van vocht** – U moet de nodige zorg besteden om de binnendringing van vochtige lucht, die de bijtende effecten kan versnellen, te voorkomen. Reiniging met een inert gas moet een onderdeel vormen van de

uitschakelprocedure, om bijtende stoffen uit het systeem te verwijderen voordat u het systeem stillegt.

- **Verdunning** – Gebruik een geschikt inert verdunningsgas om condensatie van bijtende stoffen, en dus ook corrosie als gevolg daarvan, te verminderen.
- **Temperatuur** – Verhoog de temperatuur in de pomp en uitlaatleiding om condensatie van waterdamp te voorkomen, teneinde de corrosie te verminderen. In sommige gevallen kunnen hogere temperaturen de corrosie doen toenemen – zie de onderstaande paragraaf.
- **Corrosie van veiligheidsuitrusting** – Wanneer veiligheidskritieke uitrusting (bv. vlambeveiligingselementen, temperatuurvoelers enz.) beschadigd kunnen worden door bijtende producten in de procesgasstroom, moeten speciale constructiematerialen worden gekozen om dit risico op te heffen.
- **Fasewijzigingen** – Niet-geplande fasewijzigingen kunnen condensatie veroorzaken. Om dit risico te voorkomen moet u rekening houden met wijzigingen in temperatuur en druk.
- **Niet geplande reacties** – Ongeplande chemische reacties kunnen bijtende producten doen ontstaan. Houd terdege rekening met de mogelijkheid van kruisverontreiniging wanneer u de uitrusting voor meer dan één doel gebruikt.

Sommige bijtende stoffen, zoals fluor, chloor, andere halogenen of halogeniden en oxidatiemiddelen zoals ozon of reductiemiddelen zoals waterstofsulfide kunnen ook de materialen waarmee zij in contact staan aanvallen, zonder dat er vloeistoffen aanwezig zijn. In deze gevallen moet de partiële druk van het bijtende materiaal worden geminimaliseerd door middel van een geschikt verdunningsgas. Bij de keuze van de constructiematerialen van het vacuümsysteem en het pompmodel moet u kijken of deze verenigbaar zijn met het betreffende gas in de verwachte concentraties. Hoge temperaturen kunnen corrosie bevorderen en moeten daarom tot een minimum worden beperkt wanneer het proces dat toelaat. De onderhoudsintervallen moeten worden geëvalueerd, waarbij het effect van bijtende materialen op het systeem in aanmerking moet worden genomen.

3.5 Samenvatting: risico's i.v.m. chemicaliën

- Breng alle mogelijke chemische reacties van uw systeem in kaart.
- Laat ruimte voor abnormale chemische reacties die bijvoorbeeld kunnen optreden in geval van defecttoestanden.
- Raadpleeg de "Veiligheidsfiches voor Materialen" ter beoordeling van de mogelijke risico's die aan uw procesmaterialen zijn verbonden.
- Gebruik verdunningstechnieken om reacties met oxidatiemiddelen en ontvlambare materialen tot een minimum te beperken.
- In de EU moet u binnen een ontvlambaarheidsbereik een geschikte gecertificeerde ATEX-vacuümpomp gebruiken. Voor alle andere regio's beveelt Edwards aan waar mogelijk pompen te gebruiken die uit hoofde van de ATEX-richtlijn zijn gecertificeerd.
- Gebruik het juiste type smeermiddel in uw pomp wanneer u oxidatiemiddelen verpompt, en overweeg het gebruik van een drooglopende pomp.
- Gebruik geen zware metalen in de gasstroom van uw processysteem als uw proces natriumazide gebruikt of produceert.
- Wees uitermate voorzichtig bij het omgaan met giftige, bijtende of onstabiele materialen.

4. Fysische risico's

4.1 Risico's i.v.m. overdruk

Overdruk in onderdelen van een vacuümsysteem kan het gevolg zijn van:

- het invoeren van hogedrukgas in het systeem
- de samenpersing van gas door het systeem
- een plotselinge stijging van de temperatuur van vluchtig gas in het systeem
- een fasewijziging die leidt tot neerslag van vast product
- reacties in het vacuümsysteem
- een geblokkeerde uitlaat.

Er zijn ook andere oorzaken mogelijk.

4.2 Overdruk in de pompuitlaat

Een vaak voorkomende oorzaak van overdruk in de uitlaat is een blokkering of vernauwing in het uitlaatsysteem. Dit kan leiden tot een storing of defect in de pomp of in andere onderdelen van het systeem.

Vacuümpompen zijn compressoren die speciaal zijn ontworpen om te werken met hoge afvoer-inlaat-compressieverhoudingen.

Boven op het mogelijke gevaar van overdruk, veroorzaakt door de werking van de pomp, kan de invoering van een samengeperst gas (bv. om te reinigen of te verdunnen) eveneens een overdruk in het systeem veroorzaken als het uitlaatsysteem vernauwd of geblokkeerd is.

Wanneer een pomp met vlambeveiligingselementen of met andere apparatuur zoals filters of tussensproeikoelers wordt uitgerust op de uitlaatzijde, is het zeer belangrijk dat de tegendruk in de uitlaat niet hoger komt dan de maximumgrenswaarde die in de instructiehandleiding van het vacuümsysteem wordt aangegeven. Een geschikt onderhoudsprogramma moet worden gevolgd ter verzekering dat procesneerslag het uitlaatsysteem en de vlambeveiliging niet blokkeert. Is dit niet praktisch, installeer dan een drukvoeler tussen pomp en vlambeveiliging om blokkeringen op te sporen. Op dezelfde manier moet andere uitlaatapparatuur, zoals filters en tussensproeikoelers, worden beoordeeld.

Sublimatie of fasewijziging kan leiden tot blokkering van procesleidingen door vaste afzettingen en kan aldus een risico van overdruk creëren.

Raadpleeg de met de vacuümpomp meegeleverde instructiehandleiding voor de maximale en aanbevolen waarden voor continue tegendruk van al uw uitlaatonderdelen, waaronder uw vacuümpomp. Ontwerp het uitlaatsysteem zo dat aan deze beperkingen kan worden voldaan.

Raadpleeg de instructiehandleiding van de pomp voor de beperkingen tijdens continu bedrijf.

4.3 Beveiliging tegen overdruk in de uitlaat

Algemeen bevelen wij aan pompen te laten werken met de uitlaat via een leiding aangesloten op een uitlaatsysteem met vrije ontluchting. Uw uitlaatsysteem kan echter onderdelen bevatten die een vernauwing of blokkering van het systeem kunnen

veroorzaken. Is dit het geval, dan moet u tevens geschikte beveiligingsinrichtingen tegen overdruk voorzien. Voorbeelden daarvan zijn:

Onderdeel	Beveiligingsinrichting
(Ontlast)klep in uitlaatpijp	Vergrendel de klep of afsluiter zodat deze altijd openstaat wanneer de pomp in bedrijf is.
	Voorzie een omloopleiding voor drukontlasting.
Gaswasser	Voorzie een omloopleiding voor drukontlasting.
	Voorzie een drukregelaar en vergrendel deze aan de pomp zodat de pomp wordt uitgeschakeld wanneer de uitlaatdruk te hoog wordt.
Vlambeveiliging	Meting van de uitlaatdruk
	Meting van het drukverschil
Olienevelfilter	Voorzie een drukontlasting.

Samenvatting: wat te doen als de druk in het uitlaatsysteem de toelaatbare maximumdruk benadert?

- Verlaag de druk door middel van een drukontlasting in een gasstroom parallel met de vernauwing of blokkering.
- Verlaag de drukbron. Leg de pomp stil of schakel de toevoer van samengeperst gas uit.

4.4 Overdruk in de inlaat

4.4.1 Toevoer van samengeperst gas en tegendruk

Meestal kiest men voor de vereiste toelaatbare drukwaarde van een leiding tussen pomp en vacuümsysteem een lagere waarde, vanwege de overtuiging dat deze leiding nooit onderhevig zal zijn aan drukwaarden hoger dan atmosferische druk. In de praktijk geldt dit evenwel enkel voor normale bedrijfsvoorwaarden (volgens ontwerpberekening). Kies daarom de voorgeschreven toelaatbare drukwaarde met een marge voor hogere drukwaarden als gevolg van abnormale situaties of defecttoestanden.

Een vaak voorkomende oorzaak van overdruk in pompinlaatleidingen is de invoering van samengeperste gassen (zoals zuiveringsgassen) wanneer de pomp niet in bedrijf is. Als de onderdelen in de inlaatleiding niet geschikt zijn voor de aldus gevormde drukwaarden, zal de leiding barsten of breken en zullen er procesgassen uit het systeem ontsnappen. Een terugstroming van gassen uit het systeem naar een proceskamer die op zich niet bestand is tegen de aldus gevormde drukwaarde, zal eveneens barsten of scheuren en lekken veroorzaken.

Wanneer u de toevoer van samengeperste gassen op uw systeem aansluit via drukregelaars die ontwerpmatig zijn berekend op een lagedrukdebiet, zorg dan voor een drukwaarde binnen de toelaatbare waarden van het systeem.

De vaak gebruikte niet-ontluchtende drukregelaars zullen de druk in het systeem doen toenemen tot op de drukwaarde van de gastoevoer naar de regelaar, als er gewerkt wordt in omstandigheden waarbij er geen procesgasstroom door het systeem gaat. Gebruik daarom een van de volgende twee methoden om vorming van overdruk te voorkomen:

- Verlaag de druk, stuur de gassen in omloop rond de pomp naar een uitlaat met vrije ontluchting

- Regel de druk van het systeem en gebruik een positief sluitende klep om de toevoer van samengeperst gas af te sluiten op een vooraf ingesteld drukniveau.

4.4.2 Incorrecte pompwerking

Neem bijzondere voorzorgsmaatregelen totdat u vastgesteld heeft dat de pomp correct werkt.

Is de draairichting van de pomp verkeerd en moet de pomp werken terwijl de inlaat geblokkeerd of vernauwd is, dan zal de pomp in de inlaatleiding een hoge druk veroorzaken. Dit kan leiden tot een barst of breuk in de pomp, de leidingen en/of onderdelen van de leiding.

Gebruik steeds een afdekplaat, losjes met schroeven op de pompinlaat bevestigd, totdat u vastgesteld hebt dat de pomp in de juiste richting draait.

Als de pomp moet werken bij een hoog toerental, kan dit leiden tot beschadiging. Laat de pomp nooit werken op een toerental dat hoger is dan het (ontwerpmatig) berekende maximale toerental. Dit is vooral belangrijk wanneer er frequentieomzetinrichtingen worden gebruikt voor snelheidsregeling.

4.5 Samenvatting: fysische oorzaken van risico's

- Bij het uitvoeren van veiligheidsberekeningen moet u rekening houden met veilige bedrijfsdrukwaarden voor alle onderdelen in het systeem.
- Zorg ervoor dat de pompuitlaat niet geblokkeerd of vernauwd kan raken.
- Bestaat het risico van hogere druk dan de drukwaarde van een deel van uw vacuümsysteem, dan raden wij u aan een drukmeter te plaatsen op een geschikte plek op uw systeem. Deze moet worden verbonden met uw regelsysteem, om uw systeem in een veilige stand te brengen wanneer overdruk is geconstateerd.
- Houd rekening met abnormale of defecttoestanden bij het beoordelen van de voorgeschreven toelaatbare drukwaarde van het vacuümsysteem en de pomponderdelen.
- Voorzie het juiste type drukontlasting en controleer of deze inrichting geschikt is voor uw toepassing.
- Zorg ervoor dat de toevoer van samengeperste gassen behoorlijk wordt geregeld en gecontroleerd. Stop de toevoer als de pomp uitgeschakeld is.
- Zorg er zo mogelijk voor dat de toevoerdruk van geregelde zuiveringsinrichtingen lager is dan de maximaal toelaatbare statische druk van het systeem. Of zorg ervoor dat drukontlasting mogelijk is in geval van een storing of fout in een onderdeel van het systeem.

5. Risicoanalyse

De risicoanalysetechnieken vormen een gestructureerd hulpmiddel om de risico's in een normaal werkend systeem te herkennen en te analyseren, en geven ook inzicht in de risico's die kunnen ontstaan in geval van storingen of defecten in het systeem. Deze technieken vormen een leidraad voor risicobeheer. De toepassing van deze technieken is in vele gevallen in de wettelijke en de bedrijfsvoorschriften vervat. Risicoanalyses kunnen enkel efficiënt zijn als deze van meet af aan een rol spelen in het initiële ontwerp van een systeem, en doorgetrokken worden naar de installatie en werking van het systeem, alsook naar het onderhoud en de buitenbedrijfstelling ervan.

Een gedetailleerde studie van risicoanalysetechnieken past niet in het kader van dit document. Toch vindt u elders in deze instructiehandleiding diverse risicoanalysetechnieken vrij uitvoerig beschreven. Een voorbeeld van een vaak toegepaste techniek in de chemische procesindustrie is HAZOP (Hazard & Operability Study = ± STER: Studie van Exploiteerbaarheid en Risico's). Deze procedure voor risicoanalyse gaat over het herkennen en identificeren van mogelijke risico's en werkingsproblemen.

Risicoanalyse levert specifieke informatie op over de risicotypes, de ernst ervan en het kanspercentage dat ze reëel gebeuren. Deze informatie kan worden gebruikt om te beoordelen op welke manier de effecten van die risico's tot een aanvaardbaar niveau kunnen worden beperkt. Afhankelijk van de oorzaak van het risico kan het mogelijk zijn om dit risico volledig weg te werken of de ernst ervan te beperken, en/of de kans dat het zich werkelijk voordoet te beperken. Risico's kunnen echter zelden of nooit volledig worden weggewerkt.

Overweeg steeds alle mogelijke effecten van een risico wanneer u beslissingen in zake risicobeheer neemt. Voorbeeld: een klein heet oppervlak kan een eerder klein risico vormen voor de operator (gevaar voor brandwonden). Om de kans op mogelijke brandwonden te beperken, kan de systeemontwerper een zichtbare waarschuwing voor het hete oppervlak voorzien, of een afscherming rond die gevarezone. Toch kan de risicoanalyse van het systeem aantonen dat ditzelfde hete oppervlak een ontstekingsbron voor ontvlambare dampen zou kunnen worden, met een ontploffing of een ontsnappende gifwolk als gevolg. Om de kans op ontsteking te beperken moet de systeemontwerper de temperatuur van het hete oppervlak verlagen of ervoor zorgen dat ontvlambare dampen er nooit mee in contact kunnen komen.

6. Systeemontwerp

6.1 Toelaatbare drukwaarden in een systeem

Zoals besproken in Fysische bronnen van gevaar Fysische risico's *Fysische risico's* op pagina 15 zijn leidingen en onderdelen van een vacuümsysteem ontwerpmatig berekend op werking met inwendige drukwaarden onder atmosferische druk. In de praktijk is het evenwel meestal noodzakelijk, uw systeem ook te berekenen op toepassingen met inwendige drukwaarden boven atmosferische druk. Zo nodig voorziet u drukontlastingsinrichtingen om de vorming van overdruk te voorkomen.

Belangrijk! Maak van uw inlaatleidingen en andere onderdelen van de inlaat niet de zwakste schakel in het systeem. Ga er nooit van uit dat zij altijd onder vacuümdruk zullen werken, zelfs in geval van een defecttoestand in het systeem.

Uitlaatsystemen moeten altijd ontwerpmatig worden berekend op de kleinste mogelijke tegendruk naar de pomp tijdens de werking. Het is echter belangrijk dat u uw uitlaatsysteem berekent op een (op uw situatie) aangepaste toelaatbare drukwaarde. Het moet geschikt zijn voor werking met drukwaarden die kunnen worden gegenereerd door de pomp en bijvoorbeeld door invoering van een samengeperst gas in het systeem, en het moet geschikt zijn voor werking met de toegepaste beveiligingsmaatregelen tegen overdruk.

Bij iedere risicoanalyse moet u rekening houden met:

- Externe inlaten, bv. aansluitingen van inert gas
- Afscheiding en afsluiting van het systeem van alle bronnen, vooral in uitlaatleidingen
- Onderlinge reacties tussen procesgassen

Merk op dat, als een reservoir een vluchtige vloeistof bevat en van de rest van het systeem kan worden afgescheiden, in dat geval het effect van externe hitte (bv. van een brand) inwendige drukwaarden kan veroorzaken die hoger zijn dan de ontwerpdruk van het reservoir. In dat geval overweegt u de noodzaak aan geschikte drukontlastingsinrichtingen.

6.2 Verwijderen van in rust zijnde volumes

Een in rust zijnd volume is ieder volume in een vacuümleiding of onderdeel waar geen gasstroom doorheen gaat. Voorbeelden: de tandwielkast van een mechanische stuw pomp of de meterkop van een instrument. Leidingen met afsluiters of kleppen en gasinlaatleidingen voor stikstof kunnen eveneens in rust zijnde volumes worden wanneer ze afgesloten worden

Houd rekening met in rust zijnde volumes bij het plannen van een mengsel of een reactie van procesgassen die normaal nooit samen aanwezig zijn in de proceskamer. Leidingen, pompen en proceskamers transporteren gassen meestal lineair, d.w.z. het ene gas of gasmengsel na het andere. Getransporteerde gassen in dergelijke lineaire stromen worden normaal niet gemengd, tenzij de snelheid van het uitlaatgas door een vernauwing of blokkering wordt verlaagd. Een in rust zijnd volume wordt niet gereinigd en kan met procesgassen worden gevuld naarmate de druk in het systeem stijgt of daalt. Op die manier kan men gassen tegenhouden die in een bepaalde procesfase doorheen het systeem gaan. Zij kunnen dan reageren met gassen uit een volgende procesfase. Alleen als de proceskamer grondig wordt leeggemaakt of gespoeld na iedere toevoer van een onvermengbaar gas, kan explosiegevaar worden vermeden.

Wees uitermate voorzichtig bij het plannen van kruisverontreiniging in volumes die in rust zijn en wanneer de gassen mogelijk explosief zijn. Besteed vooral aandacht aan het risico van

verstopping in filters en afscheiders en andere onderdelen. Waar nodig gebruikt u feilloze continue stromen van inert zuiveringsgas om de kans op kruisverontreiniging te beperken.

Bij het verpompen van ontvlambare stoffen kunnen in rust zijnde volumes worden gevuld met mogelijk explosieve gassen of dampen die met normale (druk)reiniging niet afgevoerd kunnen worden. Waar er ook een ontstekingsbron aanwezig zou kunnen zijn moet u een specifieke (druk)reiniging van het in rust zijnde volume overwegen.

6.3 Uitlaatextractiesystemen

Belangrijk! Gebruik steeds het juiste type uitlaatextractiesysteem voor uw proces. Zoals eerder gemeld moet het extractiesysteem zo ontworpen zijn dat het bestand is tegen de bedrijfsdrukwaarden en moet het, als er gevaarlijke materialen worden geproduceerd of verwerkt, voldoende lekdicht zijn om de procesmaterialen en hun nevenproducten onder controle te houden en om gevaarlijke lozingen naar de atmosfeer te voorkomen.

6.4 Oorzaken van mogelijk explosieve gas- of dampmengsels

Wanneer ontvlambare gassen of dampen worden vermengd met de juiste concentratie zuurstof of een ander geschikt oxidatiemiddel, zullen mogelijk explosieve mengsels worden gevormd die in aanwezigheid van een ontstekingsbron kunnen ontvlammen.

Hoewel het algemeen duidelijk is of een verpompt materiaal al dan niet mogelijk explosief is, zijn er toch – zo leert de ervaring van Edwards – bepaalde omstandigheden waarbij een mogelijk explosief mengsel wordt gevormd als gevolg van bepaalde toestanden waarmee geen rekening was gehouden bij het ontwerp van het processysteem. U moet alle mogelijke procesomstandigheden en oorzaken van mogelijk explosieve mengsels herkennen die uw uitrusting zou kunnen genereren. Enkele voorbeelden uit de praktijkervaring van Edwards vindt u hieronder, maar de lijst is verre van compleet!

- **Kruisverontreiniging** – Wanneer de pomp voor meerdere taken wordt gebruikt, is het mogelijk dat normaal gebruik met afzonderlijke materialen veilig is, maar dat er een kruisverontreiniging kan ontstaan indien de pomp niet onder druk is gereinigd voordat een ander materiaal wordt gebruikt, met alle onvoorspelbare reacties van dien.
- **Reinigingsvloeistoffen** – Gebruik van een reinigingsvloeistof kan in orde lijken, maar ontvlambare reinigingsvloeistoffen en de daarop volgende droogfase door afvoer via de vacuümpomp kunnen een mogelijk explosief mengsel creëren.
- **Onvoorzienematerialen** – In 'bedrijfseigen' vacuümtaken waarbij de vacuümpomp wordt gebruikt in aansluiting op een vacuümverdeelsysteem, is het mogelijk dat ontvlambare materialen worden verpompt die niet in het systeemontwerp waren voorzien. Deze materialen kunnen een zelfontbrandingstemperatuur hebben die lager ligt dan de inwendige temperatuur of de temperatuurclassificatie van de vacuümpomp.
- **Opgelostedampen** – Deze kunnen tijdens de werking van het proces ontstaan, en het juiste inwendige temperatuurbereik voor uw proces moet zorgvuldig worden geselecteerd. In de sector van de chemische verwerking is dit doorgaans onderworpen aan de ATEX-voorschriften.
- **Luchttek** – Het toevallig binnendringen van lucht of een oxidatiemiddel in een systeem kan de concentratie van een ontvlambaar gas of ontvlambare damp wijzigen en aldus een mogelijk explosief mengsel creëren.
- **Ontvlambareafdichtingsvloeistoffen** – Waar een ontvlambare vloeistof als dichtvloeistof wordt gebruikt in een vacuümpomp met vloeistofring, zal de indringing van lucht een potentieel explosief intern mengsel doen ontstaan.

- **Gecondenseerde procesmaterialen** – Wanneer de mogelijkheid bestaat dat onvlambare materialen condenseren in uw systeem, moet u weten dat die kunnen reageren met oxidatiemiddelen uit andere processtappen of met de lucht (bijvoorbeeld in de uitlaat). Dit kan worden voorkomen door een geschikte regeling van de temperatuur of van de partiële druk.

6.5 Vermijden van het ontvlambaarheidsbereik

Een ontvlambaar materiaal zal enkel een mogelijk explosiegevaarlijke omgeving creëren indien gecombineerd met lucht of zuurstof of andere oxidatiemiddelen en als de concentratie ervan het midden houdt tussen de laagste ontvlambaarheidsgrenswaarde (LFL) (of laagste explosiegrenswaarde (LEL)) en de hoogste ontvlambaarheidsgrenswaarde (UFL) (of hoogste explosiegrenswaarde (UEL)). NB: de meeste gegevens in de literatuur verwijzen naar de ontvlambaarheidsgrenswaarden in de lucht, waarbij zuurstof het oxidatiemiddel is. Alle verdere informatie die hieronder wordt gegeven gaat uit van die veronderstelling.

Om potentieel explosief te zijn, is het ook nodig dat de zuurstofconcentratie zich boven de minimale zuurstofconcentratie (MOC) (of beperkende zuurstofconcentratie (LOC)) bevindt. De MOC (LOC) voor het merendeel van de ontvlambare gassen is 5% van het volume of meer. (Opmerking: dit geldt niet voor pyrofore materialen die speciale voorzorgen vereisen.)

Er zijn een aantal strategieën die toegepast kunnen worden om het werken met gasmengsels binnen het ontvlambaarheidsbereik te vermijden. De keuze van de strategie hangt af van het resultaat van de risicoanalyse (gevarenanalyse) voor het proces en het pompsysteem:

- **De concentratie ontvlambaar gas onder de LFL (LEL) houden**

Om het risico te beperken op ontvlambaar gas dat per ongeluk binnen het ontvlambaarheidsbereik komt, moet er een veiligheidsmarge voor werken onder de LFL (LEL) toegepast worden.

De gebruiker moet op basis van een risicobeoordeling een veiligheidsmarge vaststellen. Sommige autoriteiten bevelen aan om de concentratie onder 25% LFL (LEL) te houden.

De algemene methode om de concentratie op een passend niveau onder de LFL (LEL) te houden, is verdunning met inerte gaszuivering (bijvoorbeeld stikstof), die in de pompinlaat en/of de te zuiveren leidingen wordt gebracht. De vereiste integriteit van het verdunningssysteem en van om het even welk alarm- of vergrendelingssysteem zal afhangen van de gevaarlijke zone die het resultaat zou zijn, mocht het verdunningssysteem falen.

Opmerking:

Neem passende voorzorgsmaatregelen om het risico van verstikking te vermijden.

- **De zuurstofconcentratie onder de MOC (LOC) houden**

Deze handelswijze vereist de controle van de zuurstofconcentratie van de verpompte gassen om een veilige werking te kunnen garanderen. Om het risico op ontvlambaar gas dat per ongeluk in het ontvlambaarheidsbereik komt te beperken, moet een veiligheidsmarge voor werken onder de MOC (LOC) worden gehanteerd. De geldende industriernorm voor de continue controle van de zuurstofconcentratie is om de zuurstofconcentratie onder 2% van het volume onder de laagst aangegeven MOC (LOC) voor het gasmengsel te houden. Tenzij de MOC (LOC) minder dan 5% bedraagt mag de zuurstofconcentratie maximaal 60% van de MOC (LOC) bedragen. Wanneer de controle enkel gebeurt in de vorm van routinecontroles van het zuurstofpeil, dan mag het zuurstofpeil niet boven 60% van de laagst aangegeven MOC (LOC) komen, tenzij de MOC (LOC) minder dan 5%

bedraagt, in welk geval de zuurstofconcentratie onder 40% van de MOC (LOC) moet worden gehouden.

De beste methode om het zuurstofpeil onder de laagst aangegeven MOC (LOC) te houden, is de rigoureuze uitsluiting van lucht en zuurstof uit het proces- en pompsysteem, samen met de verdunning van het verpompte gas met een inert zuiveringsgas (zoals stikstof), dat indien nodig in de pompinlaat en/of te zuiveren leidingen wordt gebracht. De vereiste integriteit van de maatregelen voor uitsluiting van lucht/zuurstof en van om het even welk alarm- of vergrendelingssysteem zal afhangen van de gevaarlijke zone die het resultaat zou zijn wanneer de uitsluitings- en verdunningssystemen zouden falen.

De standaardvoorzorgsmaatregelen die vereist zijn om lucht zorgvuldig uit te sluiten uit het proces- en pompsysteem worden op het einde van dit deel besproken.

- **De concentratie van ontvlambaar gas boven de UFL (UEL) houden**

Waar concentraties van ontvlambaar gas hoog zijn, kan werken boven de UFL (UEL) meer geschikt zijn. Om het risico te beperken op een toevallige intrede in het ontvlambaarheidsbereik, moet een veiligheidsmarge voor werken boven de UFL (UEL) worden gehanteerd. Het wordt aanbevolen om het residuele zuurstofpeil in het gas te houden onder 60% van het absolute zuurstofpeil dat normaal aanwezig is bij de UFL (UEL) concentratie ontvlambaar gas.

De beste methode om het zuurstofpeil onder deze veiligheidsmarge te houden, is de rigoureuze uitsluiting van lucht en zuurstof uit het proces- en pompsysteem. Verdunning van het verpompte gas met een inert zuiveringsgas (zoals stikstof) of met een bijkomend ontvlambaar gas ('vullingsgas') dat in de pompinlaat en/of de te zuiveren leidingen wordt gebracht, kan ook nodig zijn. De vereiste integriteit van de maatregelen voor uitsluiting van lucht, van om het even welk systeem voor introductie van zuiveringsgas, en van om het even welk alarm- of vergrendelingssysteem zal afhangen van de gevaarlijke zone die het resultaat zou zijn wanneer de uitsluitings- en verdunningssystemen zouden falen.

- **De concentratie ontvlambaar gas beneden de minimale explosiedruk houden**

Alle ontvlambare materialen hebben een minimumdruk waaronder geen explosie kan plaatsvinden. Indien de druk bij de inlaat naar de vacuümpomp veilig onder deze druk kan worden gehouden, dan kunnen ontstekingen die in de vacuümpomp beginnen zich niet verspreiden naar de inlaat. U moet echter voorzorgsmaatregelen nemen voor de uitlaat van de vacuümpomp.

De standaardvoorzorgsmaatregelen die vereist zijn om lucht rigoureuze uit te sluiten uit het proces- en pompsysteem zijn de volgende:

- **Eliminatie van luchtlekken**

Gebruik een lekdetector of voer een drukstijgingstest uit. Vooraleer ontvlambare materialen in de proceskamer worden gebracht, kan een test worden uitgevoerd om na te gaan of het lekken van lucht (zuurstof) in het vacuümsysteem binnen de toegelaten grenzen blijft.

Om een drukstijgingstest uit te voeren, wordt de lege proceskamer luchtledig gemaakt tot de druk zich juist onder de normale bedrijfsdruk bevindt, en wordt dan van de vacuümpomp geïsoleerd. De druk in de proceskamer wordt dan over een vaste periode opgenomen. Naarmate het volume van de proceskamer gekend is, en ook het maximaal toelaatbare luchtlek, is het mogelijk een maximaal toelaatbare drukstijging te berekenen die gedurende de vastgelegde tijdspanne kan optreden. Wordt deze maximale drukgrens overschreden, dan moet er actie worden ondernomen om de plaats van het lucht(zuurstof)lek in de proceskamer te

dichten; de test moet dan met succes worden herhaald voor er ontvlambare materialen in de proceskamer mogen worden gebracht.

In sommige gevallen kan het vermogen van het vacuümsysteem om een goede basisdruk te bereiken, worden gebruikt om de lekdichtheid van het systeem aan te geven.

- **Verwijder alle lucht uit het systeem voordat u het proces in gang zet**
Alvorens ontvlambaar gas in het proces toe te laten moet het systeem volledig worden gelegeerd en/of gezuiverd met een inert gas (zoals stikstof), om alle lucht uit het systeem te verwijderen. Herhaal deze procedure na afloop van het proces om ontvlambare gassen te verwijderen voordat het systeem volledig ontvlucht is.
- **Voor drooglopende vacuümpompen**
Zorg ervoor dat er in geen geval bij asafdichtings- of aszuiveringsgassen lucht kan worden aangevoerd, of dat deze gassen kunnen worden aangetast door lucht, en zorg ervoor dat alle gasballastkleppen ofwel gesloten zijn, ofwel enkel worden gebruikt om inert gas toe te voegen.
- **Voor natte vacuümpompen (bijv. zuigerpompen of schottenpompen met oliedichting)**
Zorg ervoor dat de asafdichtingen volledig in overeenstemming zijn met de instructies van de fabrikant, en gebruik een verpompolie-smeringsstelsel onder druk met een alarmindicatie voor verlies van oliedruk. Dit systeem kan een extern toebehoren omvatten om te zorgen voor gefilterde smeerolie onder druk, met een drukschakelaar. Zorg ervoor dat alle gasballastkleppen ofwel gesloten zijn, ofwel enkel worden gebruikt voor de toevoeging van inert gas. Zorg voor een passende zuivering van inert gas uit de oliekast om de lucht te verwijderen voor de start van het proces.
- **Voor roots-vacuümpompen**
Volg de instructies van de fabrikant volledig op bij het plegen van onderhoud aan de asafdichting van de primaire aandrijving en zorg ervoor dat poortansluitingen bedoeld voor zuivering of ontvluchting alleen kunnen worden gebruikt om inert gas toe te voegen.
- **Terugstroming**
Zorg ervoor dat de werkingsprocedures en- voorzieningen van het systeem het systeem beschermen tegen terugstroming van lucht als gevolg van een defect van de pomp. Zorg ervoor dat alle verpompte ontvlambare gassen op een veilige manier worden verwijderd bij de laatste uitlaat van de pompafvoer. Zorg ervoor dat er geen ontvlambare gasmengsels gevormd kunnen worden in de uitlaatpijp door toepassing van een geschikte inerte zuivering van de leiding voor de start en na afloop van het proces met ontvlambaar gas, en door het gebruik van een adequate zuivering met inert gas tijdens het bedrijf, om de turbulente vermenging van terugstromende lucht in de afvoer te vermijden.

6.6 Niveaus van systeemintegriteit

De beschermingsmethodes die gebruikmaken van verdunning met inert gas zijn in eerdere delen al besproken. Het principe achter deze methode is dat u een inert gas (meestal stikstof) onder uw procesgassen mengt, om ze aldus te verdunnen tot een veilig niveau waarop geen explosie of reactie kan optreden. Wanneer u gasverdunning kiest als een primair veiligheidssysteem ter bescherming tegen een mogelijke explosie, hebt u mogelijk een feilloos alarm- en blokkeersysteem nodig om te voorkomen dat het systeem in werking zou treden op een ogenblik dat het gasverdunningssysteem nog niet operationeel is. De integriteit van het gasverdunningssysteem moet worden gecontroleerd tijdens de

risicoschatting (risicoanalyse), en hangt af van de interne zoneverdeling (d.w.z. de risicograad) die het resultaat zou zijn, wanneer het verdunningssysteem zou falen. De toepassing die op dit ogenblik het best is, moet steeds worden toegepast voor deze risico-inschatting, om de vereiste niveaus van systeemintegriteit te bepalen.

Als bijvoorbeeld een verdunningssysteem gebruikt wordt om een concentratie van ontvlambaar gas buiten het ontvlambaarheidsbereik te houden, en het falen van de verdunning ertoe zou leiden dat het verpompte gas zich voortdurend of langdurig binnen het ontvlambaarheidsbereik bevindt (de ATEX Zone 0-vereiste gaat doorgaans uit van >50%), dan moet het verdunningssysteem aan een van de volgende punten voldoen:

- Het moet faalbestendig zijn, zelfs wanneer er zich een zeldzaam defect voordoet;
- Het moet betrouwbaar zijn wanneer er zich twee defecten voordoen.
- Het moet twee aparte toevoersystemen voor de verdunning bevatten.

In het andere geval, wanneer het falen van het verdunningssysteem ertoe zou leiden dat het verpompte gas zich af en toe binnen het ontvlambaarheidsbereik bevindt (doorgaans binnen ATEX Zone 1), dan moet het verdunningssysteem aan het volgende voldoen:

- Het moet faalbestendig zijn, zelfs wanneer er zich een verwachte storing voordoet
- Het moet betrouwbaar zijn wanneer er één defect aanwezig is.

Wanneer het falen van het verdunningssysteem ertoe zou leiden dat er weinig kans is dat het verpompte gas in het ontvlambaarheidsbereik zou binnendringen, maar dat dit wel zou kunnen gebeuren voor korte periodes (doorgaans een ATEX Zone 2-status), dan moet het verdunningssysteem veilig zijn bij normaal bedrijf.

6.7 Gebruik van beveiligingssystemen met vlambeveiliging

Indien het mengsel van verpompte gassen en dampen (zie [Vermijden van het ontvlambaarheidsbereik](#) op pagina 21) continu of gedurende lange periodes ontvlambaar is (d.w.z. Zone 0-toestand) en het risico bestaat van een ontstekingsbron (zie [Ontstekingsbronnen](#) op pagina 25) die actief wordt tijdens normaal bedrijf of voorzienbare storingen, moet u zo nodig vlambeveiligingen aanbrengen op uw primaire pomp (zie ook [Vlambeveiligingen](#) op pagina 31). Een derdencertificaat werd verleend voor gebruik van specifieke vlambeveiligingen in combinatie met Edwards-vacuümpompen: dit certificaat bewijst dat de vlambeveiligingen in staat zijn om vlamvoortplanting langs de procesleidingen of in de atmosfeer te voorkomen.

Wanneer een ontvlambaar mengsel gedurende lange perioden aanwezig is, moet een goedgekeurde en geteste temperatuurzender worden geïnstalleerd op de vlambeveiliging bij de inlaat om een continue verbranding te detecteren. Indien een continue verbranding wordt gedetecteerd, moet de pomp worden uitgeschakeld en geïsoleerd van de brandstof. Contacteer Edwards voor advies over goedgekeurde vlambeveiligingen en temperatuurzenders. Om de vlambeveiliging en de pomp thermisch te beveiligen tijdens zeldzame storingen (Zone 0) van de pomp, moet een uitlaattertemperatuurzender worden geïnstalleerd op de uitlaat van de pomp. De uitschakelpunten zijn afhankelijk van de pompsystemen. Raadpleeg de desbetreffende ATEX-instructiehandleiding van de pomp.

Indien de temperatuurzender op de inlaat of de uitlaat de maximumgrenswaarde bereikt en zodoende een defecttoestand aangeeft, moet passende actie worden ondernomen. Een dergelijke procedure is afhankelijk van de specifieke bedrijfstoepassing, maar kan omvatten:

- **Stoppen van de brandstoftoevoer** – Sluit een afsluiter op de inlaat van de vacuümpomp. Zo onderbreekt u de toevoer van brandstof naar de vacuümpomp.
- **Stop de ontstekingsbron** – Leg de vacuümpomp stil door de stroomtoevoer naar de motor uit te schakelen.

- **Gebruik een inert gas in de brandzone** – Een snelle toevoeging van inert gas in de brandzone (meestal maar niet altijd gesitueerd in de uitlaatverdeeldeiding van de pomp) zal de vlam doen doven. Merk op dat een vlam altijd opnieuw kan ontvlammen zolang de ontstekingsbron niet is verwijderd.

6.8 Ontstekingsbronnen

Wanneer vacuümpompen worden gebruikt om ontvlambare mengsels te verpompen, moet u rekening houden met alle mogelijke ontstekingsbronnen. Hieronder vindt u enkele aandachtspunten die bruikbaar zijn als elementen uit een algemeen overzicht. Afhankelijk van uw proces kunt u mogelijk een aantal of alle ontstekingsbronnen vermijden. Indien u gezien de procesomstandigheden of de systeemvereisten de ontstekingsbron niet kunt voorkomen, dan moet u uw systeem daarop afstemmen.

Opmerking:

Sommige Edwards-pompen zijn door een derde partij gecertificeerd ter bevestiging dat ze (bij correct gebruik) een interne explosie insluiten.

- **Mechanisch contact** – Mechanisch contact tussen roterende en vaste onderdelen in de vacuümpomp en het vacuümsysteem kan een ontstekingsbron zijn. Alle Edwards-vacuümpompen zijn zo ontworpen en gebouwd dat ze in alle bedrijfsvoorwaarden de juiste speling vrijlaten in de pomp. Om deze ontstekingsbron te voorkomen moet u de afzetting van materiaal op de interne oppervlakken vermijden of de pomp reinigen. De lagers moeten in goede staat worden gehouden, voldoende zijn gesmeerd en over een geschikt zuiveringsgas beschikken om contact met de procesgassen te vermijden. U moet de aanbevolen onderhoudsregeling voor de lagers opvolgen om te zorgen voor een veilige en betrouwbare werking.
- **Indringing van deeltjes** – Voor alle pompmechanismen bestaat het risico dat er kleine deeltjes kunnen binnendringen die afkomstig zijn uit het proces of voortkomen uit het productieproces van het systeem. Als deze kleine deeltjes tussen een bewegend en een statisch oppervlak raken, kunnen zij warmte ontwikkelen. Een geschikt inlaatscherm (mesh) of filter voorkomt dat deeltjes in de vacuümpomp binnendringen en reduceert de afmetingen en het volume van de deeltjes naar een veilig niveau. U moet beschikken over een geschikte onderhoudsregeling voor het inlaatscherm.
- **Stofophoping** - Ophoping van fijn samengeperst stof in inwendige ruimten of spleten is mogelijk wanneer een pompmechanisme wordt ingeschakeld voor een proces dat stof genereert. Zelfs met gebruik van inlaatstoffilters is en blijft het mogelijk dat kleine stofdeeltjes in de pomp binnendringen. Zelfs geringe veranderingen in hun afmetingen, veroorzaakt door temperatuurwijzigingen, kunnen ertoe leiden dat samengeperste stofdeeltjes met een bewegend oppervlak in contact komen en daar warmte ontwikkelen.
- **Compressiewarmte (zelfontbranding)** – De inwendige compressiewarmte in een compressor moet steeds worden afgewogen in verhouding tot de zelfontbrandingstemperatuur van gassen of dampen die worden verpompt. U moet ervoor zorgen dat de pomp in dezelfde of een hogere temperatuurclassificatie valt dan de gassen die u verpompt.
- **Hete oppervlakken** – Wanneer ontvlambare gassen of dampen met een heet oppervlak in contact komen, kunnen zij ontvlammen indien de zelfontbrandingstemperatuur wordt overschreden. Opmerking: Edwards-pompen en -vlambeveiligingen mogen niet thermisch geïsoleerd zijn als dit inwendig (en

uitwendig) hogere oppervlaktemperaturen zou veroorzaken die leiden tot zelfontbranding.

- **Externe hitte** – Externe hitte kan bijvoorbeeld optreden in geval van brand in de onmiddellijke omgeving van de vacuümitrusting. In die omstandigheden is het mogelijk interne drukwaarden te genereren boven de maximale statische druk van het systeem, en temperaturen boven de zelfontbrandingstemperatuur. Dit moet een aspect zijn waarmee men tijdens de risicoanalyse van het systeem rekening houdt.
- **Hete procesgasstroom** – Hoge inlaatgastemperaturen kunnen ertoe leiden dat inwendige (of uitwendige) oppervlakken een temperatuurwaarde bereiken die hoger ligt dan de zelfontbrandingstemperatuur van de verpompte materialen. Inlaatgassen met een hoge temperatuur kunnen ook leiden tot een plotselinge stilstand van de rotor/stator. Raadpleeg de instructiehandleiding van uw vacuümpomp voor de maximaal toelaatbare interne gastemperaturen. Raadpleeg Edwards voor nader advies.
- **Katalytische reactie** – De aanwezigheid van bepaalde metalen kan leiden tot katalytische ontsteking. Houd rekening met alle constructiematerialen in het vacuümsysteem en de kans dat zij op die manier met verpompte gassen of dampen kunnen reageren.
- **Pyrofore reactie** – De hitte die bij de verbranding van pyrofore materialen ontstaat door de binnendringing van lucht of oxidatiemiddelen kan als ontstekingsbron werken voor de aanwezige ontvlambare materialen. Zie [Pyrofore materialen](#) op pagina 11.
- **Statische elektriciteit** – Bepaalde toestanden kunnen zich voordoen wanneer statische elektriciteit zich op geïsoleerde onderdelen kan ophopen alvorens naar de aarde te worden afgevoerd in de vorm van een vonk. Houd rekening met het risico van ophoping van statische elektriciteit bij het ontwerpen van uw systeem.
- **Bliksem** – Wanneer het systeem in de openlucht is geïnstalleerd, kan een blikseminslag ontstekingsenergie opleveren. Houd rekening met het risico op blikseminslag bij het ontwerpen van uw systeem.

6.9 Samenvatting: systeemontwerp

Om veilige vacuümpompsystemen te ontwerpen moet u rekening houden met de volgende punten. Afhankelijk van uw toepassing zijn mogelijk andere punten van belang.

- Als u gevaarlijke stoffen verpompt, moet het systeem zo worden ontworpen dat het uitschakelt naar een veilige bedrijfstoestand
- Gebruik PFPE-smeermiddelen (perfluoropolyether) in pompen wanneer u oxidatiemiddelen verpompt
- Wanneer een inert gas wordt gebruikt om de concentratie van het ontvlambare gas lager te houden dan de laagste explosie- of ontvlambaarheidsgrenswaarde of lager dan de minimale of de laagste oxidatiemiddelconcentratie, moet u zorgen voor de feilloze toevoer van het inerte gas.
- De concentratie mag ook boven de bovenste explosie- of ontvlambaarheidsgrenswaarde worden gehouden. In dat geval moet u passende voorzorgsmaatregelen treffen om te voorkomen dat de concentratie binnen het ontvlambaarheidsbereik terechtkomt.
- Voer lekdichtheidstests uit op systemen en uitrusting om er zeker van te zijn dat ze lekdicht zijn voordat u ze in bedrijf neemt.

- Verdun pyrofore gassen tot veilige niveaus, door middel van een inert gas, voordat de gassen in de atmosfeer worden uitgestoten of zich vermengen met oxidatiegassen
- Vermijd ieder contact tussen natriumazide en zware metalen: dit geldt voor alle gasstromen in uw systeem
- Vermijd dat de maximumdruk van het systeem stijgt tot boven het specifieke veiligheidsniveau van ieder afzonderlijk onderdeel van het systeem
- Raadpleeg steeds de veiligheidsinformatie van de leverancier voor die stoffen die u gaat verpompen
- Overweeg eerder het gebruik van drooglopende pompen dan zuigerpompen of schottenpompen met oliedichting als er aan de olie in het verplaatste (slag)volumerisico's of gevaren zijn verbonden.
- Wanneer Edwards-vacuümpompen worden gebruikt om potentieel ontvlambare mengsels te verpompen, moet u rekening houden met alle mogelijke ontstekingsbronnen en met de potentiële gevolgen van een mogelijke explosie.

7. De juiste keuze van uitrusting

Om er zeker van te zijn dat u de juiste uitrusting voor uw toepassing kiest, moet u rekening houden met de grenswaarden waarbinnen uw systeem moet werken. De technische gegevens voor Edwards-uitrusting vindt u in onze productcatalogus, marketingbrochures en in de instructiehandleidingen van de betreffende uitrustingen. Nadere inlichtingen zijn op aanvraag bij ons verkrijgbaar. Neem contact op met Edwards voor verder advies.

Bij het ontwerpen van uw vacuümsysteem moet u rekening houden met de relevante mechanische pompparameters, zoals:

- Maximale statische druk (inlaat en uitlaat)
- Maximale bedrijfsdruk in de inlaat
- Maximale bedrijfsdruk in de uitlaat
- Geleidbaarheid van de onderdelen van inlaat en uitlaat
- Voorgescreven drukwaarden voor andere op de pomp gemonteerde onderdelen
- Drukregeling in geval van blokkering van de uitlaatleiding.

Voor schotten- en zuigerpompen met oliedichting houdt u ook rekening met bijvoorbeeld:

- Debiet gasballast
- Zuiveringsdebiet oliekast
- Gassen en dampen in de oliekast
- In de olie geabsorbeerde gassen en dampen in de oliekast

De maximale statische druk is de maximale drukwaarde waaraan een inlaat- of uitlaatverbinding van een pomp onderhevig mag zijn wanneer de pomp niet in bedrijf is. De druk is afhankelijk van het mechanische ontwerp van de pomp.

Schotten- en zuigerpompen met oliedichting zijn zo ontworpen dat ze werken met inlaatdrukwaarden op of onder atmosferische druk. En ook al kan de maximale toelaatbare statische drukwaarde hoger zijn dan de atmosferische drukwaarde, toch mag de maximale inlaatdruk van de in werking zijnde pomp nooit hoger worden dan de atmosferische druk. Sommige fabrikanten beperken de continue inlaatdruk van hun pompen tot drukwaarden onder atmosferische druk. De maximale inlaatdruk van een in werking zijnde pomp noemen we ook de maximale bedrijfsdruk.

De reden waarom de maximale bedrijfsdruk wordt beperkt, houdt niet noodzakelijk verband met de mechanische foutvrijheid van de pomp. De maximale druk is meestal evenredig met het toelaatbare vermogen van de pomp bij hoge inlaatdrukwaarden, en is gekoppeld aan het mogelijke risico van oververhitting van de mechanische onderdelen van de pomp of de elektromotor.

Om gelijkaardige redenen verdient het aanbeveling dat de uitlaatdruk van uw vacuümpomp zo laag mogelijk wordt gehouden (karakteristiek op of onder 0,15 bar manometerdruk, $1,15 \times 10^5$ Pa, voor continue werking). Pompen zijn ontwerpmatig berekend op een werking met ongehinderde uitlaat, en een uitlaatdruk van 0,15 bar manometerdruk ($1,15 \times 10^5$ Pa) is meestal voldoende hoog om uitlaatgassen door uw uitlaextractiesysteem en behandelingsinstallaties te sturen.

7.1 Schotten- en zuigerpompen met oliedichting

De roterende pompen van Edwards met oliedichting omvatten de schottenpompen uit de series E1M, E2M, ES en RV, en het Stokes Microvac-gamma van zuigerpompen met

oliedichting. Over het algemeen zijn alle vacuümpompen ontwerpmatig berekend op een werking met inlaatdrukwaarden lager dan de atmosferische druk en met de pomputlaat vrij ontlucht naar de atmosfeer.

Schotten- en zuigerpompen met oliedichting zijn positieve verdringercompressoren en kunnen zeer hoge uitlaatdrukwaarden genereren wanneer de uitlaat geblokkeerd of vernauwd is. In die gevallen kunnen de drukwaarden hoger worden dan de veilige statische drukwaarde van de oliekast van de pomp en, in vele gevallen, de veilige statische drukwaarden van onderdelen voorbij dat punt in het systeem (bv. PP-gaswassers of vacuüm-O-ringafdichtingen). Daarom beveelt Edwards u ten eerste aan om een feilloze uitlaatdruksensor aan te brengen in de pomputlaatleiding.

Om een veilig verdunningsniveau te realiseren kan de gasballast worden verhoogd door een (druk)reiniging van de oliekast (indien apparatuur beschikbaar), aangesloten op de oliekast op de pomp. Een verhoging in de gasballast en in de oliekastzuiveringsdebieten verhoogt de hoeveelheid olie die naar het uitlaatsysteem wordt overgebracht.

Alle Edwards-pompen met oliedichting hebben grote oliekastreservoirs die ontvlambare en explosieve gasmengsels onder controle kunnen houden. De olie in de oliekast kan damp- en gashoudende nevenproducten afdoende absorberen of condenseren. De dampen en gassen die in de olie zitten opgesloten, kunnen zelfontbrandend of giftig zijn. Daarom moet u bijzondere behandelingsprocedures voorzien om de veiligheid tijdens onderhoud te verzekeren.

7.2 Drooglopende pompen van Edwards

De maximale bedrijfsdruk wordt beperkt door dezelfde factoren die van invloed zijn op pompen met oliedichting (d.w.z. het mogelijke risico van oververhitting van de mechanische onderdelen van de pomp of de elektromotor).

De drooglopende pompen van Edwards zijn verdringercompressoren en kunnen hoge uitlaatdrukwaarden genereren. Worden de pompen ingeschakeld in een systeem waar het proces vaste nevenproducten kan opleveren (en waar er dus een risico van blokkering in de uitlaatleiding bestaat), dan beveelt Edwards u ten eerste aan om een feilloze uitlaatdrukregelaar te installeren. In de instructiehandleiding van de pomp controleert u de bedrijfsdrukwaarden waarop deze schakelaars moeten worden ingesteld.

Drooglopende pompen van Edwards hebben een hoog doorvoervermogen (massadebiet) voor gasballast. Toevoeging van een verdunningsgas zoals stikstof kan via het pompmechanisme gebeuren om eventuele reacties zo goed mogelijk te onderdrukken. Raadpleeg de instructiehandleiding van uw pomp voor het gaszuiveringsdebiet.

7.3 Leidingontwerp

7.3.1 Balgen

Balgen zijn korte, dunwandige onderdelen met diepe windingen. Zij worden gebruikt om de overdracht van trillingen vanuit de pomp naar uw vacuümsysteem te verminderen.

Installeer balgen altijd in een rechte lijn, met beide uiteinden stijf ingeklemd. Correct geïnstalleerde balgen kunnen weerstaan aan een kleine positieve inwendige druk (meer details vindt u in de instructiehandleiding die u met uw balgen meegeleverd kreeg). Gebruik nooit balgen op de uitlaat van een droge pomp. Gebruik beklede flexibele leidingen (zie [Flexibele leidingen](#) op pagina 30).

Houd rekening met de mogelijkheid van een vermoeidheidsbreuk van de balg wanneer deze wordt gebruikt voor toepassingen met frequente cycli.

7.3.2 Flexibele leidingen

Flexibele leidingen hebben een dikkere wand en ondiepere windingen dan balgen. Flexibele leidingen vormen een geschikte methode voor het aansluiten van onderdelen van het vacuümsysteem en corrigeren foutieve uitlijning of kleine verschuivingen in stijve vacuümleidingen. Flexibele leidingen kunnen in relatief scherpe bochten worden gevormd en blijven goed op hun plaats.

Flexibele leidingen zijn bedoeld voor installatie in statische systemen. Ze mogen niet herhaaldelijk worden gebogen omdat dit metaalmoeheid en dus storingen of defecten kan veroorzaken.

Als u een flexibele leiding installeert, gebruik dan de kortst mogelijke lengte en vermijd onnodige bochten. Voor toepassingen waarbij hoge uitlaatdrukwaarden kunnen optreden moeten beklede flexibele leidingen worden gebruikt.

Beklede flexibele leidingen zijn balgen met een aan de buitenkant beschermende laag van geweven bekleding van roestvrij staal. Wanneer u een beklede flexibele leiding installeert, neemt u de minimale buigradius in acht die vermeld wordt in de instructiehandleiding die u met de beklede flexibele leiding meegeleverd kreeg.

7.3.3 Verankeringspunten

Leidingen en onderdelen ervan moeten correct worden verankerd. Als u bij voorbeeld balgen foutief verankert, zullen zij de door de pomp geproduceerde trilling niet verminderen, hetgeen tot metaalmoeheid van de leidingen kan leiden.

7.3.4 Afdichtingen

Als de kans bestaat dat positieve drukwaarden optreden in een gedeelte van het vacuümsysteem (ook bij defecten), moet u geschikte afdichtingstypen en materialen gebruiken die bestand zijn tegen de te verwachten vacuüm- en positieve drukwaarden.

7.4 Fysische beveiliging tegen overdruk

Zoals eerder besproken kan overdruk worden veroorzaakt door een vernauwing of blokkering in uw systeem of in een van de onderdelen ervan. Overdruk kan optreden als gevolg van een persgasstroom vanuit de pomp of vanuit een externe toevoer van samengeperst gas (bv. voor een verdunningssysteem). Er zijn twee hoofdmethoden voor de bescherming tegen overdruk in het systeem: drukontlasting en drukalarm/uitschakeling. Deze worden in de volgende paragrafen beschreven.

7.4.1 Drukontlasting

U kunt breeschijven of overdrukkleppen gebruiken om overdruk te verminderen. De bedrijfsdruk van de beveiligingsinrichting moet lager zijn dan de toelaatbare ontwerpdruk van het te beveiligen systeem. Sluit deze toestellen met geschikte leidingen op een zone aan waar u veilig uw procesgassen kunt vrijlaten en waar er geen ontluichtingsbeperkingen zijn. Als uw proces vaste nevenproducten produceert, moeten de drukontlastingsinrichtingen regelmatig worden geïnspecteerd: controleer ze op blokkeringen of vernauwingen. Het ontwerp van dergelijke beveiligingsinrichtingen moet rekening houden met het effect van drukpulsaties op de metaalmoeheidsgrens van de breeschijf of de levensduur van de klep.

7.4.2 Alarm/uitschakeling bij overdruk

Deze beveiligingsmethode wordt vaak toegepast door Edwards. Dit type beveiliging wordt trouwens voor alle systemen aanbevolen, maar is mogelijk niet geschikt voor systemen die vaste nevenproducten produceren.

7.4.3 Drukregelaars

Er zijn twee belangrijke types drukregelaars: ontluuchtende en niet-ontluuchtende.

Ontluuchtende regelaars sturen gas naar de atmosfeer of naar een afzonderlijke ontluuchtungsleiding, om de uitlaatdruk in het systeem constant te houden terwijl er geen stroming is. Ontluuchtende regelaars worden het meest gebruikt waar de foutvrijheid van de leiding van het allergrootste belang is.

Niet-ontluuchtende regelaars kunnen enkel een constante uitlaatdruk handhaven als er stroming in het systeem is.

Wanneer er geen stroming in het systeem is kan de uitlaatdruk van sommige regelaars stijgen tot op het niveau van de toevoerdruk. De stijgingssnelheid is afhankelijk van de kenmerken van de regelaar en van het volume (de tank) waarop de uitlaat ervan is aangesloten. De stijging kan enkele minuten tot verscheidene maanden duren.

Drukregelaars zijn niet ontworpen om te fungeren als afsluitventielen en moeten steeds worden gebruikt in combinatie met een geschikte isolator (bv. een elektromagnetische klep) wanneer scheiding (van leidingen, systemen) noodzakelijk is. Een andere mogelijkheid is dat u maatregelen neemt om overdrukwaarden veilig af te voeren naar de atmosfeer.

7.4.4 Vlambeveiligingen

Vlambeveiligingen zijn géén inrichtingen die explosies voorkomen. Ze zijn ontworpen om de voortplanting van een vlamfront langs een leiding of kanaal tegen te gaan (zie [Gebruik van beveiligingssystemen met vlambeveiliging](#) op pagina 24). Vlambeveiligingen bieden een groot oppervlak en kleine geleidingsafstanden tot het vlamfront en verstikken aldus de vlam. Vlambeveiligingen zijn doorgaans enkel geschikt voor installatie in systemen die worden gebruikt voor zuivere gassen of dampen.

De explosieve energie van gasmengsels stijgt naarmate de druk hoger wordt. De meeste vlambeveiligingen zijn ontworpen ter beveiliging van zones waar de inwendige druk nooit hoger wordt dan de atmosferische druk. Zorg ervoor dat de bedrijfsdruk in het uitlaatextractiesysteem dat naar de vlambeveiliging gaat, nooit hoger wordt dan de maximale bedrijfsdruk. In het geval van beveiligingen die worden gebruikt voor Edwards Chemical dry-vacuümpompen moet u evenwel de ATEX-instructiehandleiding raadplegen voor de maximaal toelaatbare druk. U moet ook rekening houden met de maximaal toegelaten tegendruk van uw vacuümpomp.

Het werkingsprincipe van vlambeveiligingen is dat zij de verbrandingshitte van het vlamfront wegnemen. Daarom hebben ze een maximale veilige bedrijfstemperatuur. Laat deze maximale temperatuur nooit overschrijden door controleverhitting, door isolatie of door de temperatuur van de gasstroom die er doorheen gaat.

De mate waarin een vlambeveiliging een vlam kan afweren ('keren') hangt af van de snelheid van het vlamfront, die op zijn beurt afhankelijk is van de afstand tot aan de ontstekingsbron. In combinatie met Edwards Chemical-vacuümpompen moeten vlambeveiligingen zo dicht mogelijk bij de inlaat en uitlaat worden aangekoppeld. Het gebruik van ellebogen en T-stukken tussen de pomp en de vlambeveiliging is in bepaalde omstandigheden goorloofd. Raadpleeg Edwards voor advies.

7.5 Drukreinigingssystemen

Drukreinigingssystemen met inert gas kunnen op de uitrusting worden aangesloten om procesgas af te voeren dat na beëindiging van een procescyclus in het systeem is achtergebleven.

Het correcte gebruik van drukreiniging kan ervoor zorgen dat bijtende producten worden verwijderd zodat deze de pomp en – nog belangrijker – de beveiligingssystemen zoals vlambeveiligingen niet kunnen beschadigen. Het verwijderen van procesgassen zorgt er bovendien voor dat ongewenste en mogelijk gevaarlijke chemische reacties niet zullen optreden tussen verschillende materialen die in verschillende procescycli werden gebruikt.

7.6 Samenvatting: de juiste keuze van uitrusting

- Selecteer het juiste type uitrusting voor uw toepassing
- Installeer alle geschikte veiligheidsinrichtingen die nodig zijn om in geval van storing of defect de veiligheid te verzekeren
- Vermijd in rust zijnde volumes
- Zorg ervoor dat het systeem op een geschikte wijze wordt gestuurd en geregeld
- Installeer waar nodig drukontlastingsinrichtingen
- Gebruik waar nodig vlambeveiligingen
- Voer lekdichtheidstests uit op systemen en uitrusting voordat u deze in bedrijf neemt.

8. Bedieningsvoorschriften en opleiding

De veilige werking en bediening van uw uitrusting vereist een gedegen opleiding, beknopte maar duidelijke aanwijzingen en regelmatig onderhoud. Belangrijk! Alle personeelsleden die met vacuümitrustingen werken, moeten een behoorlijke opleiding, kwalificatie en (zo nodig) toezicht krijgen.

Als u twijfels hebt over een bepaald werkings- of veiligheidsdetail i.v.m. de Edwards-uitrusting, vraag dan ons advies.

9. Samenvatting

- Verricht een gevarenbeoordeling om alle gevaren te identificeren en zo mogelijk weg te nemen of ten minste te beperken. Deze moet betrekking hebben op het ontwerp, de constructie, de ingebruikname, de werking, het onderhoud en de buitenbedrijfstelling van het vacuümsysteem.
- Breng alle mogelijke chemische reacties van uw systeem in kaart. Laat ruimte voor abnormale chemische reacties die bijvoorbeeld kunnen optreden in geval van defecttoestanden.
- Raadpleeg de materiaal- en veiligheidsinformatiebladen ter beoordeling van de mogelijke risico's die aan uw procesmaterialen zijn verbonden (bv. zelfontbranding).
- Gebruik verdunningstechnieken om reacties met oxidatiemiddelen en ontvlambare materialen tot een minimum te beperken.
- Gebruik het juiste type smeermiddel in uw pomp wanneer u oxidatiemiddelen en pyrofore materialen verpompt.
- Gebruik geen zware metalen in de gasstroom van uw pompsysteem als uw proces natriumazide produceert of gebruikt.
- Bij het uitvoeren van veiligheidsberekeningen moet u rekening houden met veilige bedrijfsdrukwaarden voor alle onderdelen in het systeem. Houd ook rekening met abnormale situaties en defecten.
- Voorzie de juiste types drukontlastingsinrichtingen en controleer of deze de geschikte waarden voor uw toepassing hebben.
- Zorg ervoor dat er zich geen verstoppingen in de uitlaat kunnen voordoen.
- Zorg ervoor dat verdunningsgassen behoorlijk worden geregeld en gecontroleerd.
- Als u gevaarlijke stoffen verpompt, moet het systeem zo worden ontworpen dat het uitschakelt naar een veilige bedrijfstoestand.
- Gebruik PFPE-olie (perfluoropolyether) en -smeermiddelen wanneer u oxidatiemiddelen verpompt.
- Gebruik een inert gas om ontvlambare en pyrofore gassen te verdunnen tot een veilig niveau of om boven de hoogste ontvlambaarheids- of explosiegrenswaarde te blijven, rekening houdend met passende veiligheidsmaatregelen tijdens alle procesomstandigheden, waaronder fouten.
- Vermijd dat de toelaatbare maximumdruk van het systeem zou stijgen tot boven de voorgeschreven maximumdruk van ieder afzonderlijk onderdeel van het systeem.
- Overweeg eerder het gebruik van drooglopende pompen dan pompen met oliedichting, als er aan de olie in het verplaatste (slag)volume risico's of gevaren zijn verbonden.
- Vermijd in rust zijnde volumes.
- Zorg ervoor dat het systeem op een geschikte wijze wordt gestuurd en geregeld.
- Gebruik, waar nodig, vlambeveiligingen.
- Voer lekdichtheidstests uit op systemen en uitrusting voordat u deze in bedrijf neemt.

