

## EXAMENEISEN "VACUÛMTECHNIEK" VAN DE NEVAC

De volgende onderwerpen dienen niet alleen als verschijnsel, wetmatigheid, instrument, methode of werkwijze bekend te zijn, er moet ook sprake zijn van elementair fysisch begrip en in sommige gevallen kennis van formules.

### A. KENNIS OP ALGEMEEN (VACUÛM)FYSISCH GEBIED

De Algemene gaswet (wet van Boyle/Gay Lussac) en de wet van Dalton, de wet- en het getal van Avogadro. Bekend zijn met het begrip "druk" als totaaleffect van de botsingen van gasdeeltjes tegen de wanden van een vat. Relatie tussen de druk en de gasdichtheid, massa en snelheid van de gasdeeltjes.

Het omgaan met en omrekenen van de verschillende gebruikte drukeenheden (Pa, mbar, atm.). Partiële druk.

Begrippen atomaire massa-eenheid (a.m.e.), grammolecuul (mol), gemiddelde snelheid van gasdeeltjes (afhankelijkheid van temperatuur en massa), vrije weglengte (afhankelijkheid van de druk). Opbouw van materie, aggregatietoestanden in relatie tot de beweeglijkheid van de moleculen. Onderscheid tussen damp en gas, verdampen, condenseren, sublimeren, verzadigde dampdruk. Ionisatieverschijnselen, gedrag van geladen deeltjes in elektrische en magnetische velden. Adsorptie, desorptie, chemisorptie, absorptie, permeatie.

De begrippen viskeuze (turbulent, laminair) en moleculaire stroming. Bekend zijn met de "wet van Ohm" voor de vacuümtechniek ter definitie van het begrip geleidingsvermogen. Het kunnen hanteren (niet uit het hoofd kennen) van de verschillende formules voor het bepalen van het geleidingsvermogen van vacuümelementen (openingen, buizen) met verschillende doorsneden en lengtes. Temperatuur-, druk- en gassoortafhankelijkheid van het geleidingsvermogen. Bekendheid met de begrippen pompsnelheid ( $\text{m}^3/\text{s}$ ,  $\text{l/s}$ ,  $\text{m}^3/\text{h}$ ), gashoeveelheid in  $\text{Pa}\cdot\text{m}^3$ , pV-debiet ( $\text{Pa}\cdot\text{m}^3/\text{s}$ ). Relatie tussen pV-debiet, heersende druk en pompsnelheid ( $Q = p\cdot S$ ). Inzicht in de problematiek van het evacueren van ruimtes, de factoren die de einddruk bepalen en de orde van grootte hiervan. Ontgassing. Enige kennis betreffende toepassingen van de vacuümtechniek in de industrie en wetenschap.

### B. SPECIFIEKE VACUUMTECHNISCHE KENNIS

#### 1. Pompen

Het werkingsprincipe kennen van de volgende pompen:

##### Transportpompen:

Mechanische pompen: zuigerpomp, membraanpomp, draaischuifpomp, schottenpomp (olieafgedicht en drooglopend), vloeistofringpomp, zijkanaalverdichter, scrollpomp, Rootspomp, klauwpomp, schroefpomp, moleculaire dragpomp (MDP), MDP/zijkanaalpomp, turbomoleculairepomp (TMP), hybride moleculairepomp (HMP).

Dampstroompompen: stoomstraalpomp, gasstraler, diffusiepompe, boosterpompe.

##### Opslagpompen:

Sorptiepomp, getterpomp (titaansublimatiepompe), getterionenpompe, kryopomp.

Van genoemde pompen moeten de kandidaten weten in welk drukgebied en onder welke omstandigheden ze kunnen worden toegepast, wat ongeveer de te bereiken einddruk is en de noodzakelijke voordruk voor een goede werking, gebied van pompsnelheden, eventueel

pompmedium, configuraties, voorzieningen, accessoires, is de pompwerking gassoortafhankelijk of niet en wat de gebruiks- en onderhoudsvorschriften.

## **2. Vacuümmeters**

U-buis manometer, (mechanische, piëzo-elektrische, condensator-) membraanmanometer, Bourdon manometer, kwartskristal frictiemanometer, warmtegeleidingsmanometer, thermokoppelmanometer (thermokruis), hete kathode ionisatiemanometer, koude kathode ionisatiemanometer, geïnverteerde magnetron manometer. Voor de verschillende vacuümmeters: het principe van de werking, meetbereik, is ijking nodig, de gassoort afhankelijkheid/ onafhankelijkheid .

## **3. Restgasanalysatoren (RGA's)**

De 180° sectorveldspectrometer en het quadrupool massafilter; principe van de werking. Bekend zijn met de begrippen 'scheidend vermogen' en de interpretatie van restgasspectra met betrekking tot lekkage, ontgassing (voor en na uitstoken) en olieverontreiniging.

## **4. Materialen**

Materiaalkeuze en bewerkingstechnieken in verband met gasafgifte, doorlaatbaarheid, dampdruk en corrosievastheid. Metalen zoals roestvast staal, koper, tantaal, wolfram en molybdeen, legeringen van zink als messing en brons, aluminium(-legeringen), goud, zilver, indium; glas en keramiek; kunststoffen en elastomeren zoals siliconenrubber, Perbunan, Neopreen, Viton en Kalrez, Teflon, Kel-f, Araldit; vetten en smeermiddelen.

## **5. Reinigen en werkdiscipline**

Invloed van oppervlakte- en bulkverontreinigingen op bereikbaar vacuüm. Moderne reinigingsmethoden om de toe te passen materialen en constructies voor te bereiden voor montage in een (u)hv-systeem, ultrasoon reinigen, organische reinigingsmiddelen, naspoelen in heet water en alcohol, uitstoken in vacuüm. Behandeling van elastomeren. Uitstoken van een vacuümpopstelling (methoden). Bekend zijn met werkdiscipline om lage ontgassing te realiseren: vet- en stofvrij werken, handschoenen gebruiken tijdens montage, manier van beluchten, etc.

## **6. Verbindingen**

Pakkingen (metaal, elastomeer) van losneembare flensverbindingen als Pneurop flenzen, kleinflens, conflatflens. Las-, soldeer- en lijmconstructies voor niet-losneembare verbindingen tussen vacuümonderdelen; keramiek-metaal en glas-metaal overgangen.

## **7. Vacuümcomponenten**

Kennis van diverse vacuümonderdelen en componenten zoals afsluiters, doseerventielen, mass flow controllers, mechanische (draai- en schuif-)doorvoeren voor het overbrengen van beweging in vacuüm, elektrische doorvoeren, baffles, koelvallen, adsorptievallen (foreline traps), vacuümslang, metaalbalgen, kijkvensters.

## **8. Dichtheidscontrole**

Lektest- en lekzoek-methoden voor vacuümcomponenten en systemen. Drukstijgingsmethode, atmosfeermethode en 'bombing'. Lektesten met totaal drukmeters (gebaseerd op het verschil in gevoeligheid voor verschillende gassen; warmtegeleidingsmanometer, hete kathode ionisatie manometer); restgas analyse, heliumlekzoeker volgens hoofd- en tegenstroom-principe.

Snuffelsystemen (heliumsnuffelaar, halogeenlekdetector, Penningsnuffelaar, waterstoflekdetector, multigas snuffelsystemen). Lektesten van aircosystemen en koelinstallaties.

## **C. VEREISTE VAARDIGHEDEN**

Het ontwerpen van een eenvoudig vacuümsysteem inclusief de bijbehorende beveiligings-, onderhouds- en bedieningsaspecten. Beargumenteren van pompkeuze en keuze van drukmeters. Onder beveiligingsaspecten wordt tevens verstaan het nemen van voorzorgen en aanbrengen van speciale voorzieningen bij het verpompen van agressieve en/of explosieve gasmengsels (chemische industrie, halfgeleiderindustrie).

Het kunnen tekenen van een vacuümsysteem met behulp van gegeven genormaliseerde symbolen en technisch in staat zijn tot de opbouw van zo'n systeem met behulp van beschikbare componenten. Het berekenen van:

- het totale geleidingsvermogen van in serie en parallel geschakelde vacuümelementen,
- de effectieve pompsnelheid aan een vacuümruimte die via één of meerdere vacuümcomponenten (baffle, koelval, klep, verbindingsbuis, etc) is verbonden met een pomp.
- Druk in samenhang met inlek, ontgassing en pompsnelheid.

Deze exameneisen zijn goedgekeurd door de Examen Commissie van de Nederlandse Vacuümvereniging in de vergadering van 9 november 2022 en van kracht per 1 december 2022. Naar deze exameneisen kan worden verwezen als "Exameneisen Vacuümtechniek van de NEVAC 2022".