

Hurtigt lukkende ventiler – coating af sæder og kugle

Hurtigt lukkende ventiler specificeres oftest i systemer som er forbundet med store risici.

Et nyt kugleventildesign baseret på overfladebehandling af kuglen, kan reducere aktuatorens størrelse og derved prisen på den aktuerede ventil.

I januar 2021 tester Valland Srl. produktionsventiler der sammenligner forskellige typer indvendig coating på større ventilstørrelser.

Introduktion

Hurtiglukkende ventiler fås i forskellige designs. Ved mindre ventiler i industrien bruges typisk sædeventiler, ved større ventiler bruger man oftest axial ventiler, men også kuglehaner.

Ventilerne er pga. deres sikkerhedsegenskaber ofte brugt i olie- og gasindustrien, hvor der er krav til kort lukketid (90 °'s drejning på mindre end 4-5 sekunder), korrosionsbestandighed over for aggressive medier, og krav om lav friktion mellem dynamiske / bevægelige dele. Dette bla. for at undgå at momentværdierne og dermed at aktuatorerne bliver for store.

Den mest benyttede ventiltipe af aktuerede afspærringsventiler (on/off ventiler) i Olie & Gas branchen er kugleventiler. Kugleventilernes tætning af sæderne kan gøres på to måder:

- 1) Bløde sæder; som er en polymerindsats mekanisk fastgjort til sæderne for at opnå en blød forseglings effekt. Her deformeres det polymere materiale effektivt under væsketrykket for at imødekomme en generel deformation af metaldele og sikre fuld kontinuitet i kontaktområdet.
- 2) Metal-til-metal-kontakt; Her skal man være opmærksom på at hvis kuglen ikke er hård nok er der for høj risiko for slitage under åbning / lukning. Sæderne og kuglerne, kan ikke benyttes uden en overfladebehandling på grund af det ubehandlede metals begrænsede hårdhed. Dette forværres meget i tilfælde af hurtiglukkende ventiler, hvor den hurtige aktivering eksponentielt øger risikoen for svigt i metal-til-metal-kontakten. Derfor benyttes typisk en tungstenkarbid coating, (herefter kaldet TCC).

På trods af pålideligheden af bløde pakninger i mange Olie & Gas-applikationer foretrækker man at undgå polymertætning under de mest krævende forhold på grund af kemiske kompatibilitetsproblemer.

Af denne grund er der fokus på løsninger til fremstilling af hurtig lukkende kugleventiler med metal-til-metal-tætning.

Den italienske producent af kugleventiler, Valland Srl, har set på en ny tilgang til denne problematik og baseret deres test og studier af en ny overfladebelægning, i forbindelse med det norske Jotun projekt, hvor de har leveret aktuerede hurtiglukkende kugleventiler i størrelserne 8 og 10" i trykklassen 1500# - som lukker på under 2 sekunder.

Plasmabaserede processer til belægninger af høj kvalitet

I tilfælde af metal-til-metal-forsegling har Olie & Gas-industrien traditionelt været afhængig af to løsninger. Den første består i at beklæde overfladen af bevægelige dele med hårde metaller såsom Cr-Co eller Ni-Cr-Co legeringer ved hjælp af "Gas Metal Arc Welding" (GMAW). På denne måde kan flere forskellige, hårde legeringer svejses på ventildelene afhængigt af kompatibiliteten af de enkelte materialer. Her kan der nævnes kommercielle produkter som Stellite® eller Ultimet®.

Alternativt kan metaltætninger og metalforsegling opnås ved at belægge bevægelige dele med et keramisk eller hårdt metallag. Dette er især brugt når der kræves hårdhedsværdier over 1000 - 1200 HV. High Velocity Oxygen Fuel (HVOF) er meget anerkendt og blandt de mest almindelige og veludnyttede metoder til fæstning af tungstenkarbid coating (TCC) eller kromkarbid coating (CCC). Ligesom "hard facing cladding" sikrer overflader ved kemisk inertitet mod typiske Olie & Gas-miljøer og giver god slidstyrke og større hårdhed.

Den mekaniske belastning, der er under åbning / lukning af hurtigt lukkende ventiler, er så høj, at coating af dele ved hjælp af cladding procedure (hard metal cladding) ikke kan anvendes på grund af den begrænsede hårdhed som opnås ved svejsningen /cladding.

På samme måde udgør TCC- og CCC-belægninger en betydelig risiko for svigt, specielt pga. de tangentielle belastninger, der opstår mellem kugle- / sædeoverfladerne under bevægelsen: selvom "rivning" ikke

betragtes som et problem for de termisk påsprøjtede belægninger, så kan der opstå de-laminationsproblemer på grund af friktionsniveauerne.

For at tackle disse problemer skal de nye effektive coatinger sikre høj hårdhed (over 1500 - 2000 HV), lav friktionskoefficient (i størrelsesordenen 0,1 - 0,2) og forbedret hæftning på metallet. Plasmabaserede processer tillader fremstilling af tynde film med de førnævnte egenskaber. Disse coatingteknikker er i stand til at producere film af en høj kvalitet takket være de energiniveauer, som partiklerne har adgang til i plasmatilstanden.

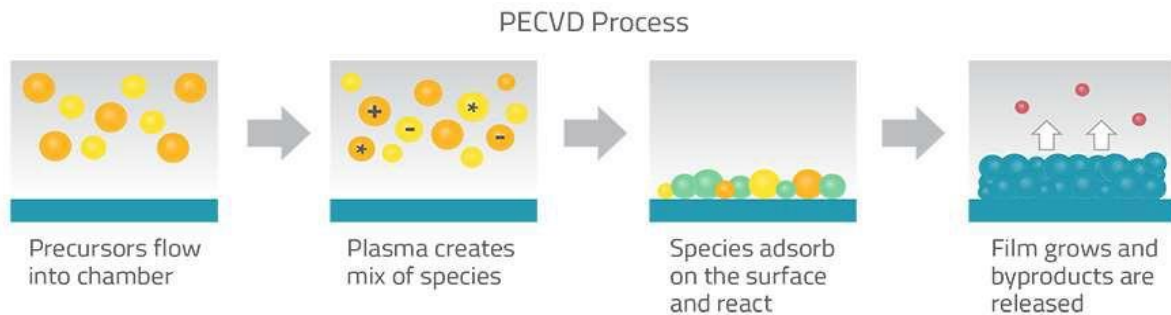
Den højere energi - som omsættes direkte til højere hastighed af partiklerne under coating processen - skaber en forbedret bindingskraft og en kompakthed, og giver sig udtryk i hårdhed, gode slidegenskaber og modstand mod eksterne aggressive stoffer.

Coatingprocessen sker normalt i et vakuumkammer for at undgå energitab og uønskede kemiske reaktioner fra det ydre miljø.

Plasmateknikker er opdelt i to hovedfamilier afhængigt af coating mekanismerne, og hvordan coating partiklerne bevæger sig fra den indledende tilstand til plasmatilstanden.

1) Den første gruppe består af den såkaldte Physical Vapor Deposition (PVD) teknik: en energikilde med høj effekt (f.eks. Laserpuls eller elektromagnetisk feltgenerator) som skaber en faseovergang fra et fast materiale til små belægningspartikler, der overføres til metalunderlaget, direkte fra plasmatilstanden.

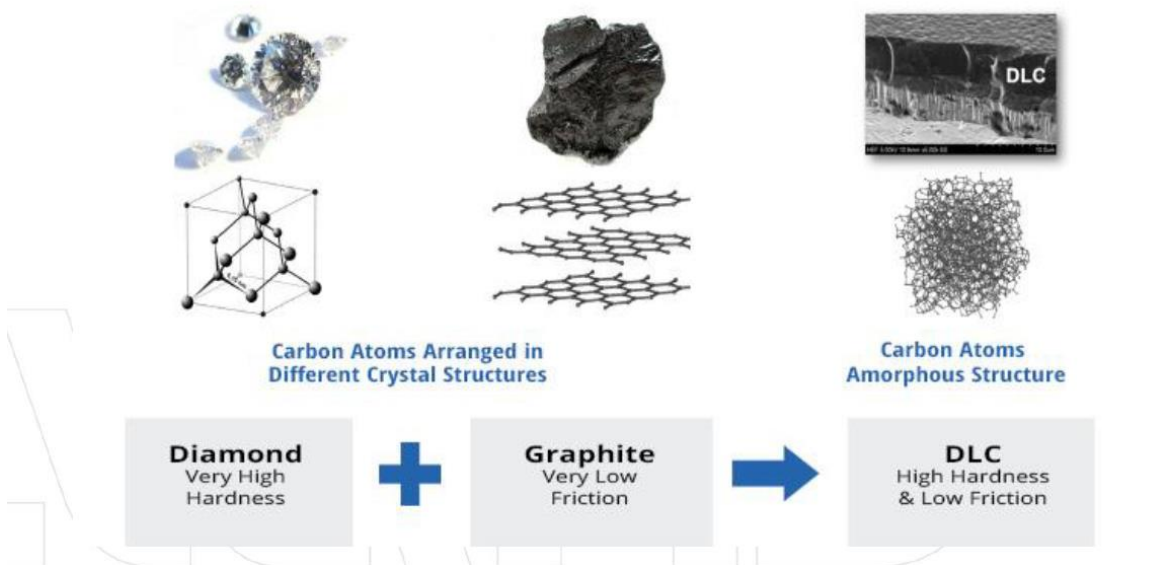
2) I den anden gruppe findes Plasma-Assisted (PA) eller Plasma-Enhanced (PE) Chemical Vapor Deposition (CVD) teknikker. Her bruges energikilden ikke til at smelte eller faseforskyde et fast materiale. Her føres en gas prækursor (udgangsstof) normalt ind i aflejringskammeret som i traditionelle CVD-processer, mens den eksterne kilde muliggør overgangen af indkommende belægningspartikler fra gasfasen til plasmafase. På denne måde kan flere forskellige materialer bruges i coating processen. En skematisk illustration af en PE-CVD-proces er ses i figur 1



Figur 1: Skematisk gengivelse af PE-CVD-processen. Ved at udnytte energien fra strømkilden overføres udgangsmaterialet til plasmatilstand og derefter afsættes på metaloverfladen

[Kilde: <https://semiengineering.com/>]

PE-CVD tillader coating med innovativt materiale med unikke egenskaber. Et af de mest lovende eksempler på denne teknik er "Diamond-Like Carbon" (DLC) coating. DLC er en homogen blanding af kulstofbaseret materiale, hvor kulstofatomer er forbundet med hinanden i henhold til to forskellige konfigurationer (figur 2).



Figur 2: Dual carbon struktur i DLC system

Tilstedeværelsen af diamantlignende og grafitlignende struktur er ansvarlig for dette materiales ejendommelige egenskaber: diamanternes ekstreme hårdhed er forbundet med Graphens (ultratynd grafit) selvsmørende egenskaber ved stuetemperaturniveauer. Denne blanding gør DLC til en seriøs kandidat til tribologiske anvendelser, hvor slid og friktionsfænomener skal tages i betragtning.

Efter at have beskrevet egenskaberne ved DLC-coatingen har man valgt DLC som den bedste løsning til at håndtere de praktiske problemer i forbindelse med hurtigt lukkende ventiler.



Figur 3: 3" 2500# side entry kugleventil testet med DLC coating.

Testresultater

Til udholdenhedstestene er ventilen først blevet betjent med en pneumatisk aktuator for at gennemføre åbnings- / lukningscyklusser ved forskellige tidsvarigheder (se tabel 1 for testoplysninger). Ti åbnings- / lukningsmanøvrer pr. Cyklus ved fuldt designtryk er udført i DBB-konfiguration (Double Block and Bleed). Efter hver åbnings- / lukningscyklus er ventilen blevet bearbejdet med en dynamometrisk skrueøgle til at registrere momentresultaterne (dvs. Break-to-Open-moment for henholdsvis opstrøms side eller sæde A og nedstrøms side eller sæde B).

For at kontrollere tilstanden af forseglingsmaterialet er lækagehastigheden også målt i henhold til en standard hydrostatisk sædetest, som for API 6D.

Driftsparametrene og testresultaterne er vist i Tabel 1

Tabel 1: Testparametre og resultater for DLC-belægningskvalifikation. Driftstid og hastighed henvises til åbnings- / lukningscykluser udført med aktuatoren, mens momentet er registreret med momentmåleren.

N° of test	Valve pressure	Operating time	Tangential speed	Cycles DBB, full DP	BTO Torque [Nm]	Leakage rate [mm ³ /min]
1	431 bar	As assembled	As assembled	10	A: 253	A: 32
					B: 379	B: 36
2	431 bar	8"	13 mm/s	10	A: 277	A: 26
					B: 295	B: 47
3	431 bar	4"	25 mm/s	10	A: 272	A: 45
					B: 246	B: 39
4	431 bar	3"	33 mm/s	10	A: 288	A: 44
					B: 311	B: 31
5	431 bar	2"	50 mm/s	10	A: 308	A: 32
					B: 300	B: 46
6	431 bar	1"	100 mm/s	10	A: 287	A: 30
					B: 327	B: 33

DLC har været i stand til effektivt at modstå alle kvalifikationstrin, hvilket muliggør en driftstid så lav som **1 sekund**, uden rivning, revner eller delaminering (se bilag 1 til visuel inspektion).

Coatingen garanterer en konstant ydeevne af metal-til-metal-tætningen under de forskellige driftsforhold. Efter indkøringsfasen (som samlet tilstand) forbliver momentværdierne næsten konstante.

De registrerede momentværdier er henholdsvis 286 ± 12 Nm og 296 ± 27 Nm for henholdsvis sæde A og sæde B, langt under standardmomentet på 650 Nm der er teoretisk beregnet for TCC-coating. Denne reduktion er i overensstemmelse med de selvsmørende egenskaber ved DLC, som reducerer friktionskoefficienten op til 0,06 - 0,08.

Samtidig bevares tætheden også. Der er ingen mærkbare variationer i lækagehastighederne fra test nr. 1 til test nr. 6. Selv i betragtning af små udsving på grund af en sandsynlig ikke-komplet stabilisering er de gennemsnitlige lækagehastigheder henholdsvis $35 \pm 8 \text{ mm}^3 / \text{min}$ og $39 \pm 7 \text{ mm}^3 / \text{min}$ for henholdsvis side A og B. I henhold til ISO 5208 "Industrielle ventiler - Tryktest af ventiler", 4. udgave, juni 2015, svarer disse lækage niveauer til Rate B, et bemærkelsesværdigt resultat for metal-til-metal-ventiler.

Konklusion

For at vurdere ydelsen af DLC-belægningen til hurtigt lukkende ventiler har man lavet en test og belagt trim delene på en 3" 2500 # kugleventil fra Valland Srl. (DLC-multi-laget er coated på ventilkuglen og sæde A, mens det andet sæde B kun er belagt med standard TCC).

Ved at sammenligne præstationerne for sæde A og sæde B ser man at DLC fungerer effektivt uden problemer, selv på TCC uden at kræve DLC ved DLC-interaktion. Ikke desto mindre foreslår vi at anvende DLC på begge de bevægelige dele for at sikre fuldstændig pålidelighed - især til applikationer hvor der er krav om lang levetid.

Resultatet er at DLC er en effektiv belægning, hvor der er ikke observeret nogen slidskader, selv for gentagne åbning / lukketider på under 1 sekund. DLC belægning bør derfor anvendes i hurtiglukkeventiler / hurtig-aktiverede ventiler på grund af dens overlegne egenskaber med hensyn til overfladehårdhed og friktionsreduktion.

Bilag 1 – Visuel undersøgelse



Figur 5: Ball side A (on the left) and side B (on the right) after the qualification tests for FC actuated valves. No relevant damage appears on the ball surface as confirmed by leakage rate results, which remain under Rate B.

