



VÆRD AT VIDE OM...

06 PLASMA

Tribologiccenterets belægnings- og nitreringsprocesser er plasmabaserede vakuumprocesser, hvor plasmaet udgør en funktionel del af processen.

Plasma er betegnelsen for en ioniseret gas, dvs. at en del af partiklerne i gassen er elektrisk ladede (elektroner, atomer og molekyler). Når en del af gassen består af elektrisk ladede partikler bliver gassen elektrisk ledende. Plasma betegnes også som den fjerde fasetilstand foruden fast stof, væske og neutral gas. Et plasma kendes f.eks. fra et lysstofrør, hvor en gas ved lavt tryk ioniseres, når der tændes for strømmen.

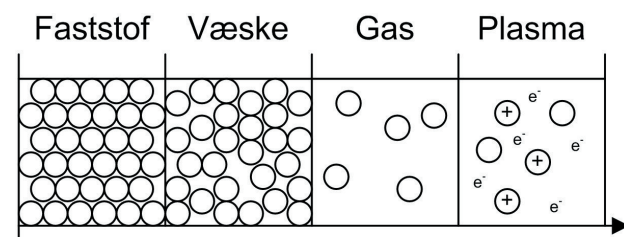
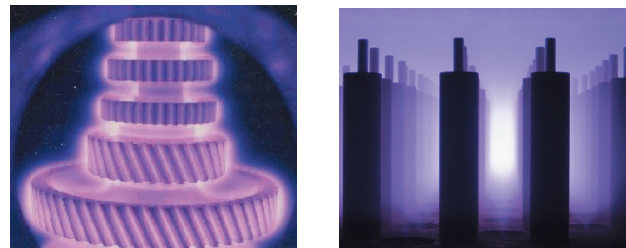


Illustration af de 3 traditionelle faser og plasmatilstanden

Plasma kan dannes ved termisk ionisering, hvor atomer og molekyler går i stykker, når de udsættes for tilstrækkeligt høje temperaturer. Ioniseringen af gasser kan også ske ved en elektrisk udladning i gasser under vakuum, som det er tilfældet ved plasmabaseret overfladebehandling. Dette sker ved at påføre en relativ høj elektrisk spændingsforskel hen over gassen. Processen kræver energitilførsel for at kunne startes og for at opretholdes, hvilket bl.a. kan gøres ved at introducere en DC-spænding (jævnspænding) eller RF-spænding (pulserende spænding i radiofrekvensområdet) mellem to elektroder eller mellem vakuumkammerets væg og nogle elektroder (de emner, der skal overfladebehandles).

Plasmadannelse ved elektrisk udladning i en gas resulterer i et såkaldt lavtemperaturplasma. Dette plasma bruges bl.a. til at understøtte reaktionsprocesserne under deponering af f.eks. keramiske belægninger og plasmanitrering.



Eksempler på plasma til overfladebehandling

Dannelsen af plasmaet starter med at elektroner forlader den negativt ladede katode, når den påtrykkes en negativ spænding på nogle hundrede volt. Disse elektroner accelereres mod anoden, som er positivt ladet (har underskud af elektroner). Herved dannes en elektronstrøm fra katode til anode.

De accelererede elektroner ioniserer den gas de bevæger sig gennem. Dette sker som resultat af kollisioner mellem elektroner og neutrale atomer og/eller molekyler.

Efter at plasmaet er startet kan dannelsen af elektroner i princippet foregå ved to forskellige processer, nemlig:

- Ioniserende kollisioner
- Sekundær emission af elektroner

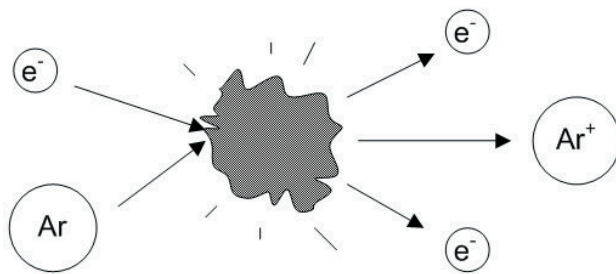
Kollisionerne hjælper med til at holde plasmaet selvforsynende med elektroner. Dette sikrer en tilstrækkelig høj ioniseringsgrad, som er vigtig for de reaktioner, der skal foregå.



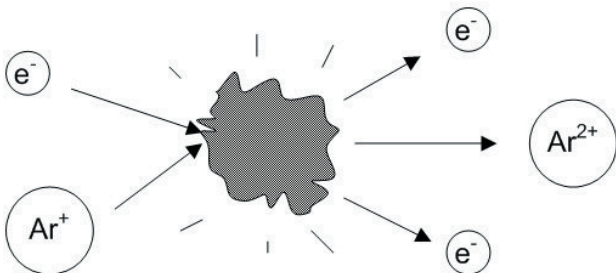
VÆRD AT VIDE OM...

06 PLASMA

Ioniserende kollision



Dobbelt ioniserende kollision



Eksempel på ionisering af argon, som det foregår ved f.eks. magnetron sputtering processen (PVD-belægning)

Dannelsen af ladede partikler (ioner) kan foregå enten ved en ioniserende kollision eller en dobbelt ioniserende kollision, som vist her ovenfor.

Den sekundære elektronemission optræder, når katoden rammes af positive ioner. Antallet af elektroner, som frigives ved kollisionen karakteriseres ved parameteren γ , som betegnes emissionsudbyttet. For hver ionkollision mod katoden frigives γ elektroner ved sekundær emission. For de fleste metaller er $\gamma \approx 0,1$.

Mens dannelsen af elektroner ved sekundær emission foregår på overfladen af det materiale, der beskydes med ioner, foregår de ioniserende kollisioner i selve plasmaet.

Før plasmaet er anvendeligt til at udføre belægnings- eller nitreringsprocesser er det nødvendigt, at udladningen er selvforsynende.

Når plasmaet er i gang begynder det at udsende et karakteristisk lys. Årsagen til dette er, at atomer, som rammes af elektroner, men ikke ioniseres, i stedet får tilført energi fra den elektron, den støder sammen med. Et atom med ”forhøjet energiniveau” siger man er exciteret. Når et exciteret atom falder tilbage til sin oprindelige energitilstand udsendes en foton (lys) med en bølglængde som er karakteristisk for det pågældende stof. En elektrisk udladning af denne type kaldes også en glimudladning på grund af det dannede lys. Glimudladningen er koncentreret omkring katoden, men spredes også til resten af plasmaet.

Den frie middelvelglængde er en vigtig parameter i forbindelse med vakuum- og plasmaprocesser. Den frie middelvelglængde (λ) er den gennemsnitlige afstand en partikel kan bevæge sig i plasmaet, før den kolliderer med en anden partikel. Sandsynligheden for sammenstød afhænger af trykket, størrelsen af partiklerne, og partiklernes energi, dvs. deres hastighed. I tabellen nedenfor ses den frie middelvelglængde for forskellige kollisionstyper i et plasma med argon (Ar) ved ≈ 660 mPa ($6,6 \cdot 10^{-3}$ mbar), 300 K (27°C) og en elektronenergi på 5 eV:

Kollisionstype	Frie middelvelglængde
Elektron – elektron	40 m
Elektron - argon (ingen ionisering - kun impulstab)	50 cm
Elektron - argon (ionisering)	5 m
Elektron - argon-ion (dobbelt ionisering)	100 m
Argon - argon	2 cm
Udskudt neutralpartikel - argon	5 cm
Udskudt neutralpartikel - elektron (ionisering)	400 m



VÆRD AT VIDE OM...

06 PLASMA

Jo kortere den frie middelvejlængde er, des større er sandsynligheden for at den givne kollision finder sted. Til sammenligning kan det oplyses at den frie middelvejlængde for partiklerne i atmosfærisk luft ved et tryk på en atmosfære og stuetemperatur er i størrelsesorden 0,1 μm .

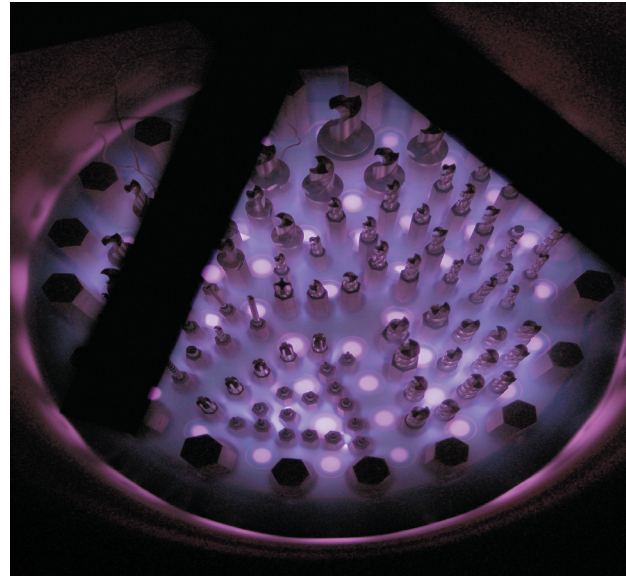
For at sikre høj ioniseringsgrad af plasmaet og dermed stor aktivitet under processerne, kan man gøre nogle kunstgreb for at øge den frie middelvejlængde. En måde er at introducere magnetfelter i plasmaet. Disse ”fanger” elektronerne i spiralbaner, således at deres vej bliver væsentligt længere end ellers. Når elektronens vej gennem plasmaet forøges, stiger sandsynligheden for at den støder sammen med en anden partikel og dermed ioniserer denne. Tribologiccenterets PVD-processer anvender derfor såkaldte magnetron sputter katoder, som vha. af et magnetfelt sender elektronerne på en lang omvej fra katode til anode. Hermed øges sandsynligheden for en kollision og dermed ioniseringsgraden, som i dette tilfælde øger belægnings effektiviteten væsentligt.

Indflydelse på overfladekvaliteten

For at sikre at overfladen ikke lider overlast under påvirkningen af plasmaet er det vigtigt at styre forholdet mellem strøm og spænding i glimudladningen inden for det såkaldte ”abnormal område”. Uden for dette område er aktiviteten enten for lille eller udladningen ustabil og risikoen for dannelsen af en gnistudladning er stor.

Gnistudladning kaldes også ”arc” eller lysbue. Det er en strømudladning, som afsættes på overfladen af de emner der skal behandles. Emnet vil typisk få et ”ar” efter en sådan lysbue, da energitætheden i strømudladningen er så stor, at materialet smelter og/eller fordamper øjeblikkeligt. Normalt kontrolleres dette ved hjælp af meget avancerede strømforstyrrelser, men selv under velkontrollerede procesforhold kan der opstå ”arc”. Det kan f.eks. ske, hvis der er dårlig elektrisk kontakt til de emner, der skal behandles, eller hvis rengøring og forbehandling af delene af den ene eller anden grund er utilstrækkelig.

Vores årelange erfaring med behandling af mere end 1,5 mill. emner er din sikkerhed for, at dine dele ikke lider overlast under plasmaprocessen.



PlasmaCVD-belægning af spåntagende værktøjer