

Forebyggelse af slid ved overfladebelægninger

FMV Temadag, 15/11, 2012
Niels J. Mikkelsen



CemeCon Scandinavia A/S
Lokesvej 5 • DK-8230 Aabyhøj

CemeCon Scandinavia A/S

- CemeCon Scandinavia A/S blev etableret primo 2004 som et joint venture mellem danske investorer og CemeCon AG i Tyskland som minoritetsinvestor
- CemeCon Scandinavia A/S er en uafhængig virksomhed og er i dag 100 % danskejet.
- Vi anvender CemeCon belægningsteknologi og har retten til at bruge navnet CemeCon
- Personalet hos CemeCon Scandinavia har mange års erfaring med avanceret belægning af værktøjer og komponenter

CemeCon Scandinavia A/S

- Indenfor CemeCon gruppen er CemeCon Scandinavia ansvarlig for:

- Service på det skandinaviske og nordtyske marked
- De avancerede belægningsløsninger, specielt belægning af sprøjtestøbeværktøjer m.m.

CemeCon Coating Centers Worldwide



250 CemeCon coating systems in which over 600 individual CemeCon coating solutions are used currently operate worldwide.

CemeCon Scandinavia - Vores kundesegmenter


- **Sprøjtestøbning + Metalformgivning**
 - I alt ca 75%.
- **Komponenter**
 - Ca 10 %
- **Spåntagning**
 - Ca 15 %



Processerne

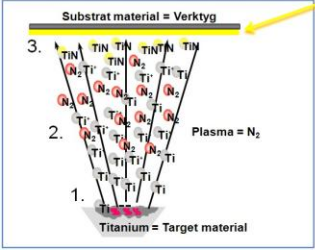
PVD processen Magnetron sputtering

- Vakuumbaseret
- Plasmaproces (MF i ionøstefasen og DC/MF i belægningsfasen)
- Sputtering fra (Ti/Al/Cr/C) metalkatoder
- Reaktive gasser (N₂, Ar, Kr og organiske)
- Geometri - emnemanipulering
- Deponeringsrate i størrelsesorden 1 µm i timen i deponeringsfasen. Hele processen omfatter dog mere end selve deponeringsfasen



CemeCon Scandinavia AS • Aabyhøj 7

CemeCon - Magnetron Sputtering Coating



Substrat material = Verktyg

TiN skikt

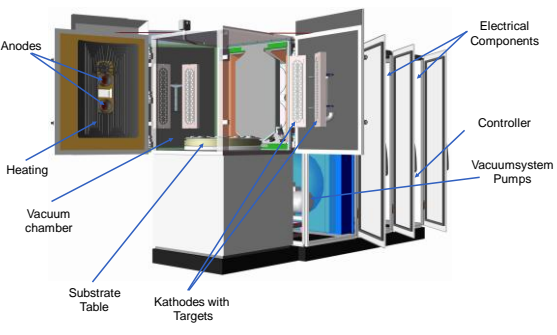
3. TiN TiN TiN TiN TiN TiN

2. Plasma = N₂

1. Titanium = Target material

CemeCon Scandinavia AS • Aabyhøj 8

CemeCon - Magnetron Sputtering Coating



Anodes

Heating

Vacuum chamber

Substrate Table

Kathodes with Targets



Electrical Components

Controller

Vacuumsystem Pumps

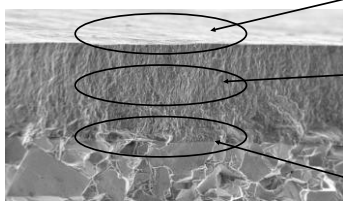
CemeCon Scandinavia AS • Aabyhøj 9

CemeCon - Magnetron Sputtering Coating

CemeCon Scandinavia AS • Aabyhøj 10

Magnetron Sputtering PVD




Jævn overflade uden defekter

Hård tæt slidbestandig struktur

Optimal vedhæftning til stålet

CemeCon Scandinavia AS • Aabyhøj 11


Forskellig opbygning. Tykkelse i alt 3 µm.




Enkeltlag

Multilag

CemeCon Scandinavia AS • Aabyhøj 12






Funktionally Gradient Coating

Nanolag

Nanokomposit


CemeCon Scandinavia A/S • Aabyhoej 13



Nanolag




CemeCon Scandinavia A/S • Aabyhoej 14



Typiske egenskaber af PVD belægninger

- Typiske egenskaber af tribologiske PVD belægninger
- Hårdheder: 1800 – 3600 HV
- Friktionskoefficienter: 0.3 -0.5 (under 0.2 -0.1)
- Tykkelser: ca 3 µm (op til ca 40 µm)
- PVD procestemperaturer: 170 - 450°C
- Anvendelsestemperaturer: 450 - 1000°C
- Slidbeskyttende
- Korrosionsbeskyttende
- Rivningsbeskyttende


CemeCon Scandinavia A/S • Aabyhoej 15



Nogle PVD belægningstyper (Tribologiske)

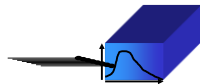
- **TiAlN** (Titan-Aluminium-Nitrid)
 - Blåsort, 1000°C, 3600 HV
- **TiCN** (Titan-Carbo-Nitrid)
 - Rødbrun, 600°C, 3000 HV
- **CrN** (Crom-Nitrid)
 - Lys metal, 700°C, 1800 HV
- **DLC** (Diamond Like Carbon)
 - Sort, 500 °C, 2800 HV
- **TiN** (Titan-Nitrid)
 - Gylden, 600°C, 2300 HV

CemeCon Scandinavia A/S • Aabyhoej 16




Ionimplantering

- **Legering af overfladen**
 - Ikke en belægning. Oplegering, typisk 0,3 µm ind i stålet. < 180 C. Sigtelinieproces
 - Kvælstof i stålet forstærker stålet og gør det mere passivt
 - Krom oplegerer stålet med op til 40 % Krom i overfladen, hvilket forbedrer korrosionsbestandigheden.



CemeCon Scandinavia A/S • Aabyhoej 17



Tribologiske problemer

- Abrasivt slid
- Adhæsivt slid, rivninger
- Korrosion
- Fretting
- Friktion. Påklæbning, afformningsproblemer

CemeCon Scandinavia A/S • Aabyhoej 18

- Vi vil her tage udgangspunkt i vores erfaringer med vores kundesager

De avancerede belægningsløsninger anvendes primært på produktionsværktøjer .

- Længere standtid
- Hurtigere cyklus-tider
- Mindre værktøjs-/maskine renovering
- Færre produktionsstop
- Mere automatisering - reduktion af man-power.
- Bedre og mere stabil produktkvalitet
- Billigere og bedre produkter

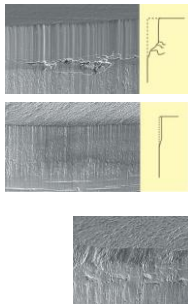
Tendenser er at teknologien breder sig ud til maskindele og komponenter

Abrasivt slid

Abrasivt slid

- Hårdheden af værktøjsoverfladen er afgørende, og der søges om muligt de hårdeste typer belægnings.
 - Eks TiCN og TiAlN baserede belægnings (ca 3000 - 3600 HV)
 - For specialspåntagning i grafit og kompositter:
 - Diamantbelægning (ca. 10.000 HV)
- Ofte må man finde et optimum, hvor hårdheden er mindre og sejheden er større, da samspillet med substratet kan være afgørende. (I grænsesituationer kan mikrodeformationer af grundmaterialet forekomme)
 - Eks CrN (ca 1800 HV) – (på blødere substrater)

Abrasivt slid – Case: Pulver presning



Involverede slidmekanismer

- Dominerende: Abrasivt slid fra hårde pulver partikler.
 - Adhæsivt slid og rivninger: Koldsvejsninger med efterfølgende udrivninger => nye abrasiver.
- => I visse tilfælde medfører dette også revner efter længere tids brug

Abrasivt pulverpresning

Belagte pulverpresseværktøjer

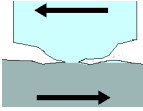



- Typiske værktøjsstål : M2, Vanadis 4, Vanadis 10 etc. 62 – 65 HRC.
- Belægningsløsning: CCFORM Tinalox SN2 (TiAlN) 3600 HV.
 - 80.000 emner uden belægning 260.000 emner med belægning
 - Nogle produkter kan slet ikke køre uden at værktøjerne er belagte

Pulverpresning- når adhæsion også dominerer

Rustfrit stålpulver

- Adhæsionen mellem pulver og værktøjsoverflade er initierende for sliddet.
- TICANOX (TiCN) giver her den optimale effekt





CemeCon Scandinavia AS • Aabyhøj 25

Abrasion - Sprøjtetøbning med glasfyldt PA

Stor formplade nedslides på grund af glasfyld

- Formpladen lavet af sejhærdet stål (optimalt både for bearbejdningen og konstruktionen) (ca 300 – 400 HV)
- Plast: PA med glas
- CCMold CrN** coating (1800 HV)
- Værktøjets levetid forøget "ganske signifikant"



CemeCon Scandinavia AS • Aabyhøj 26

Abrasion - Sprøjtetøbning med farvefyldt plast

- CCMold CrN** (1800 HV) forhindrer ødelæggende slidtage på de polerede overflader
- Typiske standtidsforbedringer for de belagte dele: 3 – 10 gange.
- Typiske værktøjsstål: Orvar, Stavax og lign. 52-54 HRC.



CemeCon Scandinavia AS • Aabyhøj 27

Abrasion - Sprøjtetøbning med farvefyldt plast.

Værktøj til spand til maling

- Ampcoloy 83 (380 HV) – Kerner for 5 l spande
- Alvorlig slidtage fra TiO₂ farvepartikler i den hvide plast.
- Skulle poleres hver uge
- Efter **CCMold CrN** forsvandt sliddet og desuden påklæbning fra plasten



CemeCon Scandinavia AS • Aabyhøj 28

Abrasion – Højtydende skærende værktøjer

- Bor og fræsere m.m.
- Typisk HSS og Hårdmetal
 - Gennem ca 20 – 30 år det "traditionelle" belægningsmarked
 - I Danmark:
 - Nye værktøjer købes belagte
 - Genopslibning og genbelægges i Danmark
- CCCut Tinalox SN² og CCCut Ticanox



CemeCon Scandinavia AS • Aabyhøj 29

Adhæsivt slid Rivninger

CemeCon Scandinavia AS • Aabyhøj 30

Adhæsivt slid. Rivninger


Rivninger på bevægelige dele og formgivningsprocesser.

- Smøring ikke tilstrækkelig
- For højt kontaktryk

=>

- Den naturlige beskyttende oxid på den yderste ståloverfladen nedbrydes =>
- Direkte ren metal-metal kontakt. Påklæbning/mikrosvejsning/koldsvejsning =>
 - Rivning/udrivning => Evt. også abrasion fra deformationshærdede udrevne partikler

- De nitrid baserede og C- baserede hårde PVD belægninger passiverer overfladen overfor påsvejsninger/mikrosvejsninger



CemeCon Scandinavia A/S • Aabyhøj 31

Adhæsivt slid. Rivninger.

Rivninger på bevægelige dele og formgivningsprocesser.

- Bevægelige dele:
 - Typisk CrN baserede løsninger
 - For egentligt tørt smøring anvendes DLC
- Hårdbelastede formgivningsprocesser hvor abrasion også er et vigtigt element:
 - TiAIN og TiCN baserede løsninger

CemeCon Scandinavia A/S • Aabyhøj 32

Normdele, udstedere, søjler, bøsninger, kullisser, kerner og andre glidende dele

- Rivninger, friktion og utilstrækkelig smøring forårsager dyre værktøjsrenoveringer og kostbare produktionsstop
- CCMold CrN** belægning beskytter mod dette og smøring kan helt undværes ved at bruge lavfriktionsbelægningen **CCMold DLC**

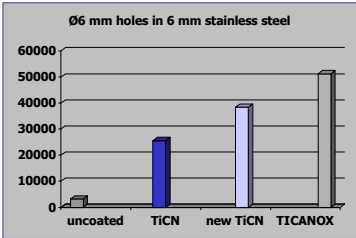




CemeCon Scandinavia A/S • Aabyhøj 33

Metalformning. Stanseoperationer

06 mm holes in 6 mm stainless steel



Coating	Performance (approx. units)
uncoated	2000
TiCN	25000
new TiCN	38000
TiCANOX	52000

Punching

- increased lifetime
- increased punching speed
- mineral oil lubrication exchanged for 2% water based emulsion, no necessity to clean the products

CemeCon Scandinavia A/S • Aabyhøj 34

Korrosion

CemeCon Scandinavia A/S • Aabyhøj 35

Korrosion

- Korrosion er et meget stort og forskelligartet område
- PVD og ionimplantering har deres anvendelser til visse korrosionstyper
- Men teknologierne kan ikke alt inden for korrosion.
- PVD belægningerne er i sig selv meget korrosionsbestandige, men der er grænser for deres anvendelser:
 - Korngrænsediffusion er svær at undgå
 - Selv de bedst udførte PVD belægninger kan have små mikro/nanodefekter.
 - Interfacen mellem substrat og belægning kan således med tiden nedbrydes hvorefter belægningen delaminerer.

CemeCon Scandinavia A/S • Aabyhøj 36

Korrosion



- På værktøjsdele giver belægningerne ofte en betydelig forbedring:
 - Generelt mod rustdannelse
 - Beskyttelse af f.eks fine polerede overflader
 - CrN baserede løsninger.
 - Inden for sprøjtestøbning kan plsten indeholde f.eks aggressive brandhæmmere =>
 - CrN baserede løsninger. Nogle gange multilag med DLC.
 - Anbefalingen er ikke at gå på kompromis med stålvalget=>
 - Korrosionsbestandige værktøjsstål (eks Stavax) + CrN baserede løsninger.



Korrosion. Luftafgange i sprøjtestøbeforme



Korrosion/brændinger i luftafgange

- I formene er der designet smalle passager, hvor luften/gassen presses ud af formen under støbningen. Spalterne er så smalle at plsten ikke bevæger sig ind.
- På disse luftafgange, kan der ofte opstå korrosion/brændinger, da plsten kan afgive korrosive gasser.
- Problemerne kan være svære at overkomme alene med optimal konstruktion, stålvalg og hærdning
- Problemerne kan løses ved at ionimplantere med krom (Cr). En særdeles effektiv metode, der giver 40% Cr indhold i den yderste overflade af værktøjsstålet
- Her kan der også typisk opnås 3 – 10 gange standtidforbedring af de behandlede dele.



Fretting



Fretting. Problemer i pasninger og lukkeflader



- Fastmonterede samlede overflader eller lukkeflader vibrerer mikroskopisk indbyrdes =>
 - Den naturlige beskyttende oxid på den yderste ståloverfladen nedbrydes =>
 - Mikroskopiske oxider frigives som abrasiver
 - Ren metal blottes=> Oxideringen forstærkes => "Kaffepulver"
 - Muligheder for ren metal-metalkontakt => Adhæsion/mikro-rivninger
 - Abrasiverne slider/polerer overfladen i "bølger"
- Pasninger bliver løse og styrer ikke længere korrekt. Lukkeflader nedbrydes



Fretting. Problemer i pasninger og lukkeflader




- Belægning med **CCMold CrN** giver en væsentlig forbedring, således pasningsslidet reduceres markant.
- De seneste erfaringer viser, at CCMold DLC giver endnu bedre resultater, hvor C laget sandsynligvis forhindrer stærke de metalbindinger.



Friktion




Friktion



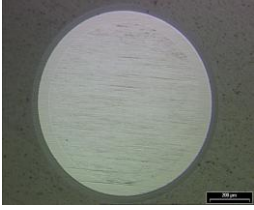
- Belægninger anvendes ofte som en sikring mod rivninger i kombination med smøremidler.
- Sikring når/hvis smørefilmen nedbrydes.
- I sig selv reducerer de hårde belægninger friktionskoefficienten typisk fra 0.8-1.0 (stål mod stål ved rivning) til omkring 0.5 mod stål (tørt)
- Ved at anvende DLC kan en egentlig tørtørsmøring opnås (friktionskoefficient på 0.2-0.05)

CemeCon Scandinavia AS • Asbyhøj
43

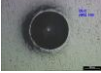
Lavfriktion og tørtørsmøring



CCMold DLC (Diamond like coating). FGC multilag




- **CrN/CrCN/C/a-C:H**
- **Tør $\mu=0.05-0.2$ (stål/stål =0.8)**
- **Selvsmørende**
- **Hårdhed 2800 HV**
- **Procestemperatur 170 °C**



CemeCon Scandinavia AS • Asbyhøj
44

CCMold DLC - Lagfriktion og tørtørsmøring



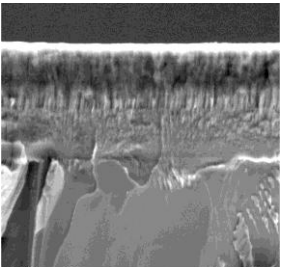
DLC = Diamond Like Carbon - 3 x 1 µm

C (amorft-C:H) →

CrCN →

CrN →


Stål →



DLC is an amorphous mixture of graphitic (sp²) and diamond-like (sp³) bonded carbon atoms.

CemeCon Scandinavia AS • Asbyhøj
45

Lavfriktion og tørtørsmøring




Anvendelsen af DLC belægninger er i stærk vækst



- Der er i første omgang tale om en mindre "revolution" inden for produktionsteknologien:
 - Man kan i mange områder producere tørt uden brug af smøremidler.
 - Mindre brug af smøremidler = mindre rengøring og vedligehold
 - Breder sig fra medicobranchen, renrumsproduktion.
 - Renere og pænere produkter

CemeCon Scandinavia AS • Asbyhøj
46

Produktionsværktøjer der kører smørefrit




- Normdele, udstødere, søjler, bøsninger, kulisser, kerner og andre glidende dele






CemeCon Scandinavia AS • Asbyhøj
47

Komponenter – CCom DLC



Gevindakslar- CCom DLC

Til maskiner til fødevarerbearbejdning

CemeCon Scandinavia AS • Asbyhøj
48

Komponenter – CCom DLC


Racingdetaljer med CC DLC
for minimal friktion = okad livslangd & effekthojning



CemeCon Scandinavia AS • Aabyhoej 49

Komponenter – CCom DLC

Team Kendall Racing
Peter Svenssons Top Fuel Bike kolvar & kamaxlar etc. med CC DLC ytbelagning




- Motor 1600 cc och ca 1000 hk
- 0-200 km/h under 2 sek
- 0-300 km/h under 5,22 sek
- Europarekord 1/8 mils sluttid 303 km/h och 201 m på 4,06 sek på Matterp 2008

CemeCon Scandinavia AS • Aabyhoej 50

Komponenter - CCom

Bentec - The Beast - Per Bengtsson Top Fuel Bike 2 Cyl.



Speed 330 feet: 213 km/h 132.5 mph
Speed 1/8 mile: 289 km/h 179.5 mph
Speed 1/4 mile: 342 km/h 212.7 mph

European Champion 2009!

CemeCon Scandinavia AS • Aabyhoej 51

DLC anvendelser



- I hastig stigende udbredelse pa bevagelig vaerktojsdele
- Maskindele
- Racing m.m. men er nu ogsa ude i familiebler
- Pumper, gear og hydraulikdele m.m. er begyndt
- Brugen af slidstarke overflader der har indbygget toermoring kan pa sigt revolutionere mange designs og teknologier!

CemeCon Scandinavia AS • Aabyhoej 52

Bedre slip. Kortere cyclustider. Mindre friktion mod plsten

Storre kerner til daser og aesker i transparent plast.
Problem med afformning og paklaebning.
Loesning = CCMold CrN + Topfinish.

Kunderne fik deuden elimineret problemer med korrosion og slidtage pa de fine overflader.

CemeCon Scandinavia AS • Aabyhoej 53

Er det bare at belaege?

Generelt:

- Belagning kan ikke redde en daerlig konstruktion!
- Belagning erstatter normalt ikke et godt staal!
- Belagning erstatter normalt ikke en optimal haerdning!

Der er tale om et sammenhaeng, hvor alle dele "lofter hinanden", hvor belagningsoesningen giver er signifikant loeft

- eller helt abner op for en hidtil ikke mulig funktionalitet.

CemeCon Scandinavia AS • Aabyhoej 54