

EMO InfoTech No. 3

De collector en zijn onderhoud

DE COLLECTOR EN ZIJN ONDERHOUD

Door Preben Christiansen

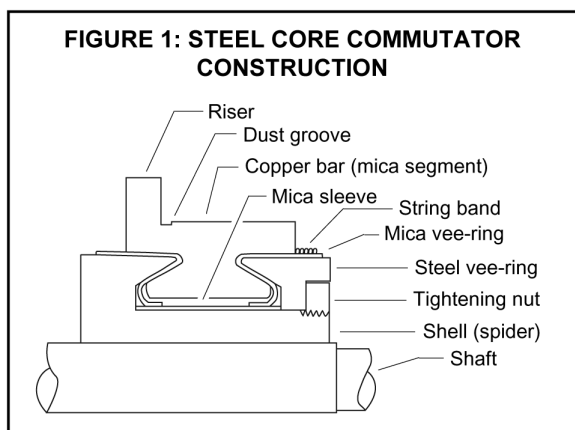
Stafingenieur EASA (gepensioneerd)

(gebaseerd op een presentatie door Glen Goebel van Kirkwood Commutator Company tijdens de EASA-conferentie in 1989 in San Francisco)

Er is al vaker gezegd dat de collector het hart van de gelijkstroommachine is. In zijn functie als elektromechanische schakelaar vormt de collector het middel om elektrisch vermogen naar of van het anker te geleiden. De collector wordt voornamelijk gemaakt van koperen lamellen die van elkaar worden geïsoleerd en mechanisch bij elkaar worden gehouden om de belasting te kunnen doorstaan die er tijdens de fabricage en de werking van het anker op wordt uitgeoefend.

Collectorontwerp

Er worden tegenwoordig in gelijkstroommachines collectors in verschillende ontwerpen gebruikt. Het oudste is de collector met stalen kern ofwel met kap en kegel. Collectors van dit type, die ofwel boogvormige contouren hebben of V-vormige contouren, bestaan uit een specifiek aantal wigvormige koperen lamellen, gescheiden door mica segmenten. De lamellen en segmenten zijn gestapeld tot een cilindrisch geheel dat mechanisch bij elkaar wordt gehouden door een zwaluwstaartvormig anker van geïsoleerde stalen V-ringen (figuur 1).



Figuur 1. Constructie collector met stalen kern

Riser = Stootvlak

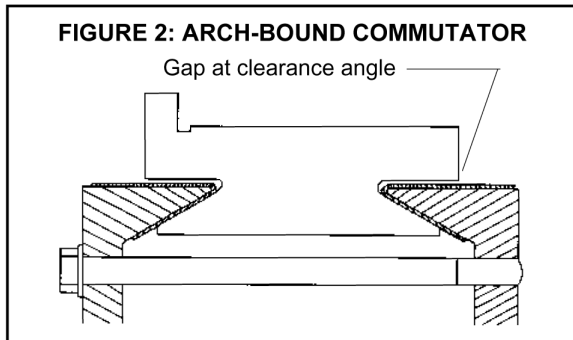
Dust groove = Stofgroef

Copper bar (mica segment) = Koperen lamel (mica segment)

Mica sleeve = Mica huls
String band = Glasdraad
Mica vee-ring = Mica V-ring
Steel vee-ring = Stalen V-ring
Tightening nut = Klemmoer
Shell (spider) = Mantel (ankerbus)
Shaft = As

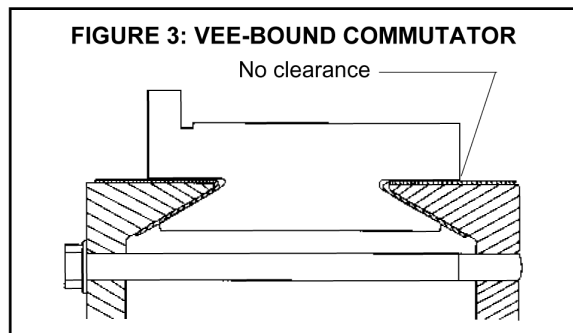
De zwaluwstaartvormige spanhoek, normaal gesproken 30 graden, levert het contactoppervlak en de klemkracht voor de stalen V-ringen, die door klinknagels, bouten of een grote klemmoer strak tegen de geïsoleerde spanhoek van de lamellen wordt gehouden.

Het boogvormige ankerontwerp (figuur 2), dat in vrijwel alle collectors met stalen kern en tractiemotorcollectors wordt gebruikt, heeft een smalle spleet bij de vrijloophoek van de isolerende V-ringen. Door deze spleet kunnen de lamellen naar binnen worden getrokken en onder voorspanning worden gebracht als het collectorsamenstel wordt aangespannen. Door de lamellen onder voorspanning te brengen worden de centrifugaalkrachten geneutraliseerd die zich ontwikkelen als de collector draait. De spleet bij de vrijloophoek wordt altijd in stand gehouden en moet worden afgedicht (gewoonlijk met glasdraad).



Figuur 2. Boogvormige collector
Spleet bij vrijloophoek

De V-vormige of wigvormige collector heeft een ankerontwerp dat vergelijkbaar is met de boogvormige collector, met dien verstande dat er geen spleet is voorzien bij de vrijloophoek van de isolatieringen (zie figuur 3).



Figuur 3. V-vormige collector
Geen vrijloop

Sommige collectors zijn ontworpen zonder zwaalwstaarten. Hier wordt het geheel van koper en mica onder voorspanning gebracht en op zijn plaats gehouden door ofwel glasband of stalen krimpringen om de buitendiameter van het geheel. Glasbandcollectors verkrijgen hun radiale knelling door beheerste wikkelspanning.

Krimpringcollectors verkrijgen hun radiale knelling door samentrekking als de stalen ringen afkoelen tot omgevingstemperatuur.

Een ander ontwerp is de gegoten collector. Deze wordt gebruikt bij kleinere ankers. Bij dit type collector worden de koperen lamellen en de mica segmenten mechanisch bijeen gehouden door een gewapende thermohardende persmassa van fenolkunststof.

In de meeste servicecentra komen we meestal boogvormige collectors met stalen kern tegen. De volgende informatie is dus karakteristiek voor dit soort collectors.

Gebruikte materialen

De materialen die worden gebruikt in het geheel van een boogvormige collector zijn koper, mica en staal. De lamellen worden met nauwe toleranties gestanst uit hardgetrokken koper waaraan een vast percentage zilver is toegevoegd om de uitgloeitemperatuur te verhogen. Door 250 tot 940 gram zilver per 1000 kg koper toe te voegen, stijgt de uitgloeitemperatuur van zilverhoudend koper van 163°C tot 232°C.¹ De koperen lamellen worden aan een uiteinde afgesloten met een stootvlak, dat ofwel integraal deel uitmaakt van de lamel of eraan moet worden bevestigd. Als het stootvlak en de lamel apart worden geproduceerd, worden zij aan elkaar bevestigd door middel van zilver solderen, TIG-lassen of klinknagels.

¹ CDA Standards Handbook, Part 2 Alloy Data, Copper Development Association, Inc.

In collectors worden twee kwaliteitsgraden mica gebruikt: **segmentmica**, dat de koperen lamellen van elkaar isoleert en **gegoten mica**, dat wordt gebruikt voor het maken van de V-ringisolatoren en de hulzen. De mica V-ringen en hulzen vormen de basisisolatie voor de collector.

Beide kwaliteitsgraden zijn gemaakt van mica vlokken die onderling worden gebonden met organische bindmiddelen zoals schellak, epoxy of alkydvinyl. Ook is er mica dat wordt

gebonden door anorganische bindmiddelen. Deze soort wordt uitsluitend gebruikt op plaatsen waar hoge temperaturen te verwachten zijn. (Hoge temperaturen kunnen organische bindmiddelen carboniseren en de bijbehorende elektrische problemen veroorzaken.)

Mica segmenten worden uit segmentplaat op de juiste maat voor de lamellen gestanst of gezaagd. De segmentplaat is gemaakt van India-mica (muscoviet) of van een zachter type dat bekend is als ambermica (flogopiet), beide hebben vergelijkbare elektrische eigenschappen. Ambermica wordt overwegend gebruikt in collectors die niet zijn ondersneden, omdat koper en ambermica uniformer slijten dan koper en India-mica.

Alle mica segmenten voor één collector worden gemaakt van segmentplaat van dezelfde dikte. De dikte van segmentplaat varieert tussen 0,6 en 1,5 mm met een tolerantie van doorgaans +/- 0,025 mm.

Gegoten mica, dat wordt gebruikt voor het maken van de V-ringisolatoren en de hulzen, heeft een hoger bindmiddelgehalte dan segmentmica. Het hogere bindmiddelgehalte maakt het gegoten mica vouwbaar en gemakkelijk te vormen onder aanbrenging van warmte en druk. Indien goed uitgehard zijn de mica V-ringen in hoge mate gelijkvormig aan de klemhoek van 30° van het kopersamenstel en de stalen V-ringen. Het uitgeharde gegoten mica voor de V-ringen heeft een dikte tussen 1,1 en 1,5 mm, terwijl het uitgeharde gegoten mica voor de hulzen een dikte heeft tussen 0,5 en 1,1 mm.

Stalen V-ringen bestaan in vele vormen en worden geproduceerd als staven, smeedstukken en gietstukken van verscheidene staallegeringen en smeedbaar ijzer. De legering wordt evenzeer geselecteerd vanwege zijn verspaanbaarheid als vanwege zijn mechanische sterkte. De stalen V-ringen worden zo ontworpen dat zij de mechanische belasting door de werking van het anker kunnen weerstaan. Deze belasting hangt af van de afmetingen van de collector, de eisen aan de snelheid en de toepassing. Als stalen V-ringen in een goede conditie verkeren en worden

hergebruikt in een collector, dan hoeft u zich geen zorgen te maken over de gebruikte staallegering.

Assemblage van onderdelen

Om de mechanische en thermische belastingen te kunnen weerstaan die tijdens de werking van het anker vrijkomen, moeten de onderdelen van de collector volgens strenge specificaties in de juiste volgorde worden geassembleerd.

Eerst worden de koperen en mica segmenten in een persring gestoken die het geheel van segmenten onder voorspanning brengt en bijeenhoudt voor verdere verwerking. Vervolgens wordt de schuimte van de segmenten gecontroleerd en indien nodig gecorrigeerd en de zwaluwstaarten worden geboord. Vervolgens wordt het geheel van lamellen samen met hun opsluitementen (V-ringen en bouten of klemmoer) geassembleerd. De collector wordt vervolgens uit de persring gehaald en 'behandeld'. Deze behandeling bestaat uit verschillende cycli van warm- en koudpersen en het aanhalen van bouten (klemmoeren). De baktemperatuur loopt op tot 232°C.

Nadat het koper op zijn gereede afmetingen is gebracht en er in elk stootvlak een gleuf is gezaagd, wordt de collector gebalanceerd. Indien nodig wordt hij vervolgens bij verhoogde temperaturen 'ingedraaid' op 125 procent van het maximale bedrijfstoerental van het anker. Na het indraaien wordt de collector opnieuw geperst en bouten en moeren worden aangehaald om een goede assemblage te waarborgen. De radiale beweging van lamellen wordt voor en na het indraaien gecontroleerd. De maximaal toegestane beweging tussen twee lamellen is hierbij normaal gesproken 0,025 mm van de aflezing over het hele meetbereik.

Nieuwe of gereviseerde collectors controleren

Als uw werkplaats een nieuwe of gereviseerde collector binnenkrijgt is het sterk aan te bevelen de volgende controles uit te voeren alvorens de collector op de as te installeren.

Ten eerste dient de collector te worden gecontroleerd op schade die is ontstaan tijdens het transport. Ten tweede dient te worden bevestigd dat de afmetingen van de gleuf in het stootvlak overeenkomen met de gebruikte draaddoorsnede. En ten derde dient er, zodra de temperatuur van de collector in overeenstemming is met de ruimtetemperatuur, een lamel-lameltest te worden uitgevoerd van 200 tot 250 V AC en gedurende een minuut een elektrische controle (lamel-aarde) van 1000 tot 1500 V AC.

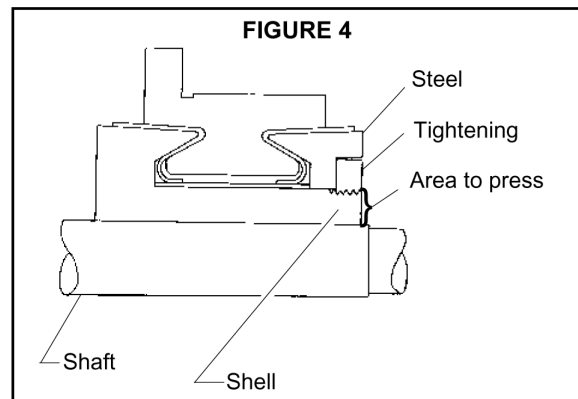
De collector op de as installeren

Als aanbevolen procedure voor het installeren van de collector op de as geldt dat de collector dient te worden voorverwarmd en de as te worden bevroren. De combinatie van een verhitte collector en een bevroren as reduceert de perspassing tussen de twee en beperkt de mechanische belasting van het collectorsamenstel.

De collector wordt normaal gesproken geïnstalleerd terwijl het geheel van de ankerkern zich al op de as bevindt. De collector wordt in een bakoven gedurende ten minste vier uur verhit tot 200°C. Een bronzen buis wordt over de passing van de collector om de as geplaatst. Vervolgens wordt er vloeibare stikstof in de buis gespoten en gedurende vijf minuten daar gehouden. Hierdoor wordt de temperatuur van de as verlaagd tot -112°C. *Let op: gebruik hiervoor nooit een stalen buis; het staal zal bij deze lage temperatuur verbrijzelen.*

De verhitte collector wordt vervolgens op de as geperst en op een correcte uitlijning gecontroleerd met speciaal opspangereedschap of door te vergelijken met een (voor de demontage gemaakte) tekening van de oorspronkelijke positie op de as.

Als de collector op de as wordt aangebracht zonder hem eerst voor te verwarmen, of zonder de as te koelen, zorg er dan voor dat er geen druk wordt uitgeoefend op de V-ring of de klemmoer. Er mag alleen druk worden uitgeoefend op de kopse kant van de ankerbus of de mantel, welke normaal gesproken de kraag vormt direct boven de collector-asdiameter (figuur 4).



Figuur 4.

Steel = Staal
Tightening = Aanhalen
Area to press = Ruimte om te drukken
Shell = Mantel
Shaft = As

De geleiders aansluiten

De vanen moeten op de juiste wijze van een gleuf worden voorzien om ervoor te zorgen dat de geleiders goed worden doorgevoerd. De breedte van de gleuf in een vaan dient iets ruimer te zijn dan de draaddikte. De aanbevolen toleranties voor de draadspeling in dit soort gleuven is +0,05 mm en -0 (+0,02" en -0) voor TIG-gelaste vanen en +0,10 mm en -0 (+0,04" en -0) voor gesoldeerde verbindingen.

Er dient zorgvuldig te werk te worden gegaan bij het inleggen van ankerspoelaansluitingen en egalisatiewikkelingen in vaangleuven. Als er te veel kracht wordt gebruikt kan er een lamel naar beneden worden gedrukt, waardoor de collector een instabiele werking kan gaan vertonen. De instabiliteit doet zich voor nadat de collector is gedraaid en het anker in bedrijf is gesteld. In die gevallen kan de gezakte lamel terugkeren in zijn oorspronkelijke positie en uitsteken voorbij aangrenzende lamellen alsof hij juist omhoog was gebracht. Ook al komt de lamel slechts enkele duizenden van een millimeter omhoog, kan hij toch fragmenten van de borstels afslaan en ratelen of vonken veroorzaken.

De temperatuur die de collector tijdens het solderen of TIG-lassen kan bereiken is ook van grote zorg. De temperatuur dient niet hoger te worden dan noodzakelijk is voor het tot stand brengen van een goede verbinding. Voor de meeste collectors wordt een soldeermiddel aanbevolen in de verhouding 95:5 (95% tin en 5% antimoon); dit wordt vloeibaar bij 240°C.

Oververhitting van de collector kan het koper doen ontharden en de isolatie doen verslechteren. Als er te veel warmte naar het zwaluwstaartgebied kan stromen, zal het koper ontharden, waardoor de lamellen in beweging komen. Het is daarom bij het solderen of TIG-lassen van collectorverbindingen belangrijk om en om te werk te gaan en dus niet opeenvolgende lamellen te verwarmen.

Als de collector met de nodige zorg op de as wordt geïnstalleerd en de geleiderverbindingen zorgvuldig tot stand worden gebracht, zou het niet nodig moeten zijn de collector opnieuw aan te halen, behalve om te verifiëren of de bouten en moeren vast genoeg zijn aangehaald. Controleer het aanhaalkoppel van een collector met moer door de moer op te draaien. Controleer het aanhaalkoppel van een collector met bouten met een momentsleutel. De momentwaarden voor het formaat en de kwaliteit van de bouten dienen in overeenstemming te zijn met de door de fabrikant van de bouten opgegeven waarden of met de SAE-normen².

² *Society of Automotive Engineers*

De collector beschermen tegen vernisschade

Tijdens de VPI-behandeling mag de collector niet worden blootgesteld aan vernis of worden ondergedompeld. Als een van beide toch gebeurt, kan een ongelijke verdeling van vernis over de collector resulteren in een onbalans van het anker. Om de onbalans tot een minimum te beperken, kunt u het anker langzaam laten draaien terwijl de vernis droogt. Het is ook aan te bevelen om na het impregneren en afdraaien van de collector het anker opnieuw te balanceren. Blootstellen van de collector aan onzuiverheden in de vernis kan ook leiden tot kortgesloten lamellen.

De collector verpanend bewerken

Het oppervlak van de collector moet machinaal worden bewerkt tot een glad en gepolijst oppervlak, zodat de slijtage van koper en koolborstels tot een minimum beperkt blijft. Collectors met vlak verzonken mica moeten worden bewerkt met snijgereedschap met één hardmetalen punt bij een oppervlaktesnelheid van ca. 2,5 meter per seconde. Gebruik voor collectors met van tevoren ondersneden of onder het oppervlak verzonken mica een diamantgereedschap (synthetische diamant) bij een oppervlaktesnelheid van ca. 3,8 meter per seconde. De hoeveelheid metaal die bij benadering per snijbeweging wordt verwijderd bedraagt 0,18 tot 0,25 mm met zowel het hardmetaalgereedschap als het diamantgereedschap. De aanvoersnelheid dient 0,13 tot 0,18 mm per omwenteling te bedragen.

De vorm van het gereedschap dient zodanig te zijn dat u een schone, scherp afgetekende onderbreking krijgt aan de aflopende kant van de snede. De opstelling dient star te zijn en geen trillingen van betekenis te vertonen - vooral als er gebruik wordt gemaakt van diamantgereedschap.

In gebruik fungeert een stofgroef (de omsluitende groef vóór de stootvlakken) als een ontlastingsmogelijkheid voor ondersnijdingen en maakt de bewerking van de kopse kant van het stootvlak gemakkelijker. De afmetingen van de stofgroef worden bepaald door de afmetingen van het spoor van de borstels op de collector. Gewoonlijk is de breedte 6,5 tot 11 mm en de diepte 3 tot 5 mm.

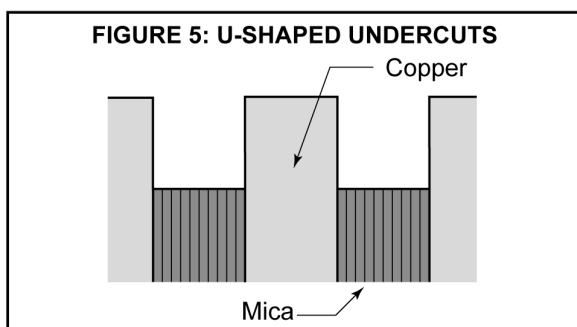
Het periodiek verspanend bewerken van de lamellen en slijtage als gevolg van de werking verkleinen de buitendiameter van de collector. Informeer bij de fabrikant wat voor die collector de minimale diameter is. Een collectordiameter die te klein is geworden veroorzaakt meer warmteontwikkeling.

Het opnieuw wikkelen van een anker kan ook afdraaien van het stootvlak noodzakelijk maken. Als het stootvlak minder dik wordt dan 1/3 van zijn oorspronkelijke dikte, dient vervanging van de collector te worden overwogen.

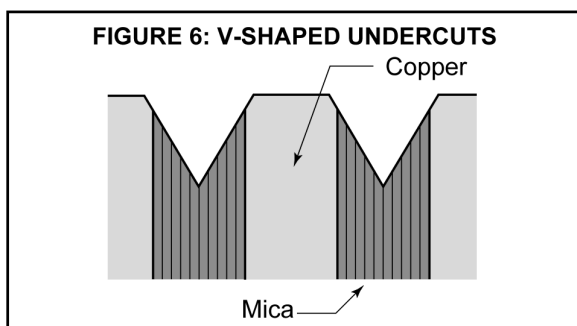
De collector uitfrezen

Mica segmenten moeten worden uitgefreesd om de slijtage van de koperen lamellen te compenseren. Als het koper is afgesleten tot voorbij het oppervlak van het aangrenzende mica, wordt een stevig contact tussen de borstel en het collectoroppervlak verstoord en kan er vonkvorming optreden.

Bij uitfrezen wordt gebruik gemaakt van twee soorten groeven of gleuven: 1) U-vormig, waarbij het mica over de hele diepte van de groef wordt weggehaald langs de zijden van de lamellen (figuur 5); 2) V-vormig, waarbij de insnijding onder een hoek wordt gemaakt, diep genoeg om de randen van de lamellen vrij te maken van mica (figuur 6).



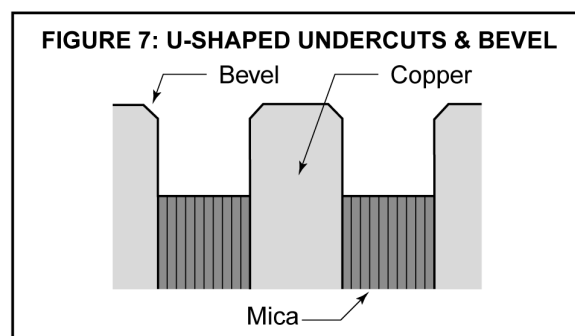
Figuur 5. U-vormige ondersnijdingen
Copper = Koper
Mica = Mica



Figuur 6. V-vormige ondersnijdingen
Copper = Koper
Mica = Mica

De diepte van de groef wordt gemeten vanaf de borstelspoordiameter van de gereede collector. Fabrieksspecificaties voor uitfrezen variëren van 0,8 tot 2,8 mm. Een goede vuistregel is: maak de uitsnijding ongeveer even diep als de breedte van de gleuf. Volg bij twijfel de fabrieksaanbevelingen.

Steekvijlen of handschrapers moeten worden gebruikt om micavinnen te verwijderen (dunne randjes van mica langs de randen van de gleuven) die soms na het uitfrezen achterblijven. Deze bewerking schuint ook de randen van de lamellen af (figuur 7). Afkanten verwijdert ruwe plaatsen van lamelranden die het gevolg zijn van de vervormingsharding van het koper tijdens het uitfrezen. Een afschuining van 0,4 mm is doorgaans voldoende om eventuele ruwe plekken te verwijderen.



Figuur 7. U-vormige ondersnijdingen en afschuiningen
Bevel = Afschuining
Copper = Koper
Mica = Mica

Tenslotte kan het raadzaam zijn met een fijne slijpsteen het bewerkte oppervlak zeer licht te behandelen om eventuele kleine, door de afkantbewerking achtergelaten oneffenheden te verwijderen.

U-gleuven verminderen de uitfreesfrequentie, maar kunnen verontreinigingen vasthouden die kortsluiting tussen lamellen kunnen veroorzaken. Langzaam draaiende machines zijn gevoelig voor dit soort defecten, want zij ontwikkelen niet voldoende centrifugaalkracht om verontreinigingen uit te slingeren.

V-gleuven zijn zelfreinigend omdat hun schuine wanden helpen bij het afvoeren van verontreinigingen. Zij moeten echter vaker worden uitgefreesd om de micavinnen te verwijderen die ontstaan naarmate de collector slijt.

Beide soorten uitfreesmethoden worden in moderne gelijkstroommachines gebruikt. De meeste oorspronkelijke fabrikanten ('OEM-ers') gebruiken U-vormige ondersnijdingen en schuinen deze vervolgens af (figuur 7). De meeste servicecentra hebben een voorkeur voor V-vormige ondersnijdingen, omdat er in dat geval geen aparte bewerking nodig is voor afschuinen.

Er is een aantal apparaten beschikbaar voor het uitfreesen van mica segmenten - sommige in de vorm van handgereedschap, andere in de vorm van bankgereedschap dat langs een vaste baan beweegt. Omdat er bij dit freesgereedschap visueel moet worden uitgelijnd, zijn de meest geavanceerde exemplaren uitgerust met een optische sensor voor het traceren van koper en mica. Welk gereedschap ook wordt gebruikt, het centreren van de frees tussen de lamellen is cruciaal.

Glasdraadband aanbrengen

Om te voorkomen dat de mica V-ring gaat schilferen, wordt er op de V-ringextensie glasdraad aangebracht met een diameter van 0,8, 1,6 of 3,2 mm. Plaats om dit te bewerkstelligen het anker in een draaibank en wikkel een volledige winding van het glasdraad om de V-ring naast de lamellen, daarbij de eerste wikkeling overlappend. Blijf terwijl u het glasdraad gespannen houdt de V-ringextensie omwikkelen tot ca. 3/4 van zijn lengte. Vorm nu een lus met het losse uiteinde van het glasdraad (op het niet-omwikkelde deel van de V-ringextensie). Blijf wikkelen

totdat u de lus hebt overlapt. Snijd vervolgens het glasdraad ca. 25 cm voorbij de lus af en schuif het uiteinde in de lus.

Trek terwijl u het uiteinde van het glasdraad vasthoudt het andere uiteinde van het draad naar de collector toe totdat de lus ca. drie windingen onder het glasdraad uitsteekt. Snijd daarna beide uiteinden af.

Nadat u het band van glasdraad hebt aangebracht, dient dit te worden vernist of geverfd met rode glyptal.

Naast helpen voorkomen dat de mica V-ring gaat schilferen, voorkomt het glasdraad (of bandtape) dat verontreinigingen in de spleet terecht komen tussen de isolatie-V-ring en de onderzijde van de collectorlamellen.

De collector platineren

Bij collectors van machines die draaien in een corrosieve atmosfeer kan het noodzakelijk zijn dat deze worden geplatineerd om naar behoren te kunnen werken. Platineren van de collector kan ook noodzakelijk zijn bij machines die langdurig worden opgeslagen.

De meeste oorspronkelijke fabrikanten platineren collectors nadat het anker is gewikkeld en afgewerkt door twee of drie dunne laagjes vloeibaar platina aan te brengen op het oppervlak van het koolborstelspoor. Servicewerkplaatsen volgen gewoonlijk dezelfde procedure bij machines op locatie.

Collectorveld problemen

Als de collector tijdens het gebruik van de machine te snel draait of oververhit raakt, kan dit beweging van de lamellen tot gevolg hebben en kan er een ruw collectoroppervlak ontstaan. Deze toestand zal de vrije beweging van de borstels negatief beïnvloeden en kan tot ernstige stofvorming leiden, terwijl in het ergste geval de borstels kunnen afbreken.

De patina die zo essentieel is voor een goede commutatie zou bij machines die in de zure atmosfeer van papierfabrieken draaien aangetast kunnen raken. Machines die zich bevinden op plaatsen waar siliconenoplosmiddelen aanwezig

EMO InfoTech No. 3

zijn, zullen een snelle borstelslijtage vertonen. Dit geldt met name voor volledig omsloten machines.

Tenslotte kan het aanbrengen van spanning op de collector terwijl het anker stilstaat, selectieve oververhitting van de collector tot gevolg hebben. Als deze toestand langer duurt, zullen lamellen die dezelfde tussenruimte hebben als de koolborstels door de ontwikkelde warmte zacht worden, waardoor de collector beschadigd raakt.

Conclusie

Resumerend moet de collector, ofschoon hij eenvoudig van constructie lijkt, goed worden ontworpen wil hij goed functioneren. Bovendien moet hij worden gebouwd van kwaliteitsmaterialen: koper dat ook stabiel blijft bij hogere temperaturen, mica met uitstekende isolerende eigenschappen en staal van een voldoende mechanische sterkte.

De collector wordt vervaardigd volgens strenge specificaties, zodanig dat hij bestand is tegen de mechanische en thermische belasting die ontstaat tijdens de vervaardiging en de werking van het anker.

Als een anker opnieuw wordt gewikkeld of wordt gereviseerd, moeten alle werkzaamheden zo worden uitgevoerd dat de collector stabiel blijft en blijft functioneren.

Tenslotte moet er te allen tijde voor worden gezorgd dat de bedrijfsomstandigheden voor de machine de bruikbaarheid van de collector niet negatief beïnvloeden.

Opm.: Dit artikel is oorspronkelijk gepubliceerd in december 1991.

