ONDERHOUD

Henri Bächer

DuPont laat RCM2-analyse uitvoeren bij -30°C-koelsysteem

Minder productiederving

Toen het -30°C-koelsysteem van DuPont eind 2005 na een grote onderhoudsstop weer in bedrijf werd genomen, bleef de temperatuur in de verdamper te hoog. Dat werd veroorzaakt door koelwater dat in het koelmiddel terecht was gekomen. Na onderzoek bleek dat tenminste één condensorpijp lek was. De bewuste pijp werd afgeplugd. Het koelmiddel moest worden gereinigd en gedroogd en de compressor moest worden geïnspecteerd op eventuele gevolgschade. Het opstarten van de fabriek voor fluorproducten liep hierdoor twaalf dagen vertraging op. Een schadepost van miljoenen. Reden om een RCM2-analyse uit te voeren.

Henri Bäcker is reliability engineer bij DuPont de Nemours (Nederland)

De RCM2-analyse diende drie doelstellingen. Het belangrijkste doel was de onderhoudsstrategie voor het -30°C-koelsysteem te baseren op betrouwbaarheid. Verder moesten de bestaande onderhoudstaken worden onderbouwd, of die nu door eigen medewerkers dan wel door derden zouden worden uitgevoerd. Tenslotte moesten de mogelijke oorzaken voor het lek raken van de condensorpijpen worden achterhaald en moest worden vastgesteld hoe die oorzaken effectief kunnen worden aangepakt en bestreden.

Het systeem

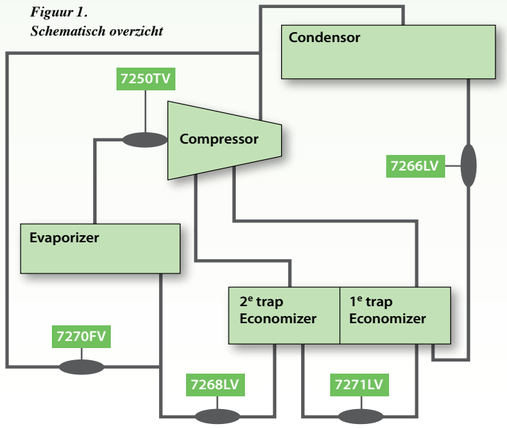
De koudevoorziening voor de fabriek bestaat uit diverse koelsystemen, onder andere voor een temperatuur van -30 °C. Indien het -30°C-koelsysteem niet beschikbaar is, dan moet de fabriek worden stilgelegd (of kan deze niet worden opgestart). Het primaire koelmiddel is methyleenchloride (dichloormethaan), het secundaire koelmiddel is Suva®-134A (1,1,1,2-tetrafluorethaan) en het tertiaire koelmiddel is koelwater. In de verdamper (evaporizer of chiller) wordt warmte aan de methyleenchloride onttrokken door verdamping van Suva®-134A. De verdamper is een gevinde pijpenbundel waarbij het Suva®-134A langs en het methyleenchloride door de pijpen stroomt. De druk (en de dampspanning) van het Suva®-134A wordt verlaagd met behulp van een viertraps centrifugaalcompressor. De druk in de condensor aan perszijde wordt geregeld op 650 kPa ± 30 kPa. Bij die druk is de condensatietemperatuur 24 °C ± 1 °C. De temperatuur van het koelwater is 15 tot 20 °C. Het Suva®-134A condenseert en de warmte wordt door het koelwater afgevoerd. De condensor is een pijpenbundel waarbij het Suva®-134A langs en het koelwater door de pijpen stroomt.

De condensor.

Projectbestek

De analyse van het -30°C-koelsysteem omvatte de gehele kringloop van het Suva®-134A. Bovendien omvatte de analyse een deel van de kringloop van de methyleenchloride en een deel van de kringloop van het koelwater. Het gedeelte van de methyleenchloride-kringloop vanaf de laatste handafsluiter in de toevoerleiding naar de verdamper tot en met de eerste handafsluiter in de afvoerleiding van de verdamper, viel binnen het bestek. Zo viel ook het gedeelte van de koelwaterkringloop vanaf de laatste handafsluiter in de toevoerleiding naar de condensor tot en met de eerste handafsluiter in de afvoerleiding van de condensor, binnen het bestek.

Figuur 1.
Schematisch overzicht



Projectfasering

De RCM2-facilitator heeft in 2003 een driedaagse basiscursus 'Reliability-centred Maintenance (RCM2)' gevolgd en in 2004 de tiendaagse vervolgcursus 'Facilitator voor RCM2'. Hij was al twee keer eerder RCM2-facilitator. Zijn eerste project betrof de toepassing van RCM2 op het chloorvoedingssysteem van de Freon-reactor en zijn tweede project de toepassing van RCM2 op de 'high high boilers'. Alle andere werkgroepleden hebben deelgenomen aan één van de driedaagse basiscursussen die op locatie zijn gegeven of aan een cursus met open inschrijving.

Resultaten

De RCM-analyse heeft geresulteerd in een op betrouwbaarheid gebaseerde onderhoudsstrategie voor het -30°C-koelsysteem. De periodieke taken voor Maintenance, Operations en derden zijn onderbouwd. Bovendien zijn er diverse eenmalige wijzigingen aanbevolen. Wijzigingen die betrekking hebben op het ontwerp, op procedures en voorschriften of op kennis en vaardigheden.

Conclusies

Tijdens normaal bedrijf wordt het koelwaterdebiet zodanig geregeld dat de druk in de condensor op 650 kPa ± 30 kPa wordt gehandhaafd. De koelwaterdruk varieert met het koelwaterdebiet. Daarom kan de druk in de condensor aan de Suva®-zijde op het ene moment hoger en op het andere moment lager zijn dan die aan koelwaterzijde. Mocht er een condensorpijp lek raken, dan komt er Suva®-134A in het koelwater of koelwater in het Suva®-134A. Uit de analyse kwamen twee aannemelijke oorzaken naar voren voor het lek raken van condensorpijpen, namelijk bevriezing van het koelwater en corrosie. Het koelwater kan alleen maar bevriezen wanneer er warmte aan wordt onttrokken. Met andere woorden: dan moet er dus Suva®-134A verdampen. Tijdens normaal bedrijf staat het Suva®-134A in de condensor juist warmte (condensatiewarmte) af aan het

Productie- en dienstenbedrijf

Het wereldwijde E. I. Du Pont de Nemours and Company is een op wetenschap gebaseerd productie- en dienstenbedrijf. DuPont, opgericht in 1802, creëert duurzame oplossingen die het leven van mensen waar ook ter wereld beter, veiliger en gezonder maken. Met 60.000 medewerkers en vestigingen in meer dan 70 landen, biedt het bedrijf een uitgebreid palet innovatieve producten en diensten op het gebied van landbouw en voedingsmiddelen, bouw en constructie, communicatie en vervoer. De omzet over 2009 bedroeg
$ 31,8 miljard.
Dordrecht behoort tot de grootste productievestigingen van DuPont in Europa. Het is de oudste vestiging van het bedrijf in Nederland. Er zijn negen fabrieken waar de kunstharsen Delrin® en Surlyn® worden gemaakt, de koel- en koudemiddelen Isceon® en Suva®, en de fluorproducten Teflon® en Viton®. Bovendien is in Dordrecht de verkooporganisatie van Teodur® poederlakken en de marketingorganisatie van DuPont Crop Protection (gewasbeschermingsmiddelen) gevestigd.

• *Teflon®*
Teflon® is een geregistreerd handelsmerk en een merknaam van DuPont. Het merk Teflon® omvat een reeks van hoogwaardige producten die in een breed scala van industriële en consumententoepassingen worden gebruikt. Zo is Teflon® een bekende naam in huishoudens en wereldwijd erkend vanwege de anti-aanbak-eigenschappen als coating in pannen en als vuil- en vlekkenwerende bescherming van stoffen en textiel. De mechanische sterkte, elektrotechnische eigenschappen en de lage wrijvingscoëfficiënt maken Teflon® tot een plastic dat de voorkeur geniet voor een grote hoeveelheid toepassingen en verschillende productietechnieken.

• *Viton®*
Viton®, een product van DuPont Performance Elastomers, een volle dochter van DuPont, is een halffabricaat met de eigenschappen van rubber (fluorelastomeer). De auto- en luchtvaartindustrie en de chemische industrie gebruiken het materiaal al meer dan vijftig jaar vanwege de uitstekende hittebestendigheid en chemische bestendigheid. Oplosmiddelen en brandstoffen zoals benzine en kerosine hebben geen vat op Viton®. Vandaar dat het materiaal veel wordt toegepast voor slangen, O-ringen en andere afdichtingen.

ONDERHOUD

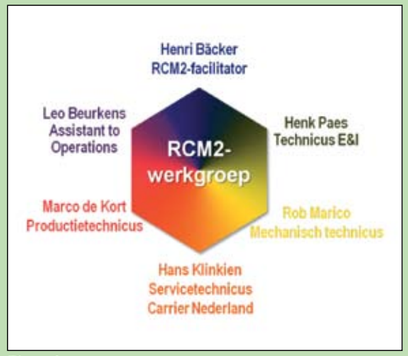
Minder productiederving

De verdamper en de economizers.

koelwater. Bij het uit bedrijf nemen van het systeem (stoppen van de compressor) daalt de druk aan perszijde, dat wil zeggen de druk in de condensor aan de Suva®-zijde. Dan verdampt er Suva®-134A en wordt er dus (verdampings-)warmte aan het koelwater onttrokken. Dit gaat door totdat de damp verzadigd is. Is het debiet te laag, dan kan het koelwater bevriezen. Bij het in bedrijf nemen van het systeem (starten van de compressor) stijgt de druk aan perszijde, dat wil zeggen de druk in de condensor aan de Suva®-zijde. Dan condenseert er Suva®-134A en staat het Suva®-134A juist warmte (condensatiewarmte) af aan het koelwater. Voordat de compressor na de grote onderhoudsstop eind 2005 werd gestart, was het systeem 'koudgedraaid'. Deze opstartprocedure houdt in dat het -45°C-koelsysteem wordt ingezet om het Suva®-134A in de verdamper te koelen. De druk in de verdamper is dan lager zodat de compressor bij het opstarten minder wordt belast. Een lagere druk in de verdamper leidt na het starten van de compressor tot een lagere druk aan perszijde, ofwel tot een lagere druk in de condensor aan de Suva®-zijde. Dan verdampt er Suva®-134A en wordt er dus (verdampings-)warmte aan het koelwater onttrokken. Is het debiet te laag, dan kan het koelwater bevriezen. De werkgroep acht bevriezing van het koelwater aannemelijk indien het debiet tijdens het in bedrijf nemen na 'kouddraaien' of tijdens het uit bedrijf nemen, te laag is. Voordat het -30°C-koelsysteem na de grote onderhoudsstop eind 2005 weer in bedrijf werd genomen, is het getest op lekdichtheid door een vacuümtest uit te voeren. De werkgroep acht het aannemelijk dat de condensorpijpen aan koelwaterzijde bloot hebben gestaan aan corrosie. Verder is ook aannemelijk dat sprake was van vervuiling van condensorpijpen aan koelwaterzijde. Het zich afzetten van vuil op zich, kan echter niet leiden tot een lek. Afzetting van vuil kan echter wel bepaalde vormen van corrosie mogelijk maken en versnellen. De werkgroep acht corrosie aan de Suva®-zijde niet aannemelijk. Evenmin als een te laag koelwaterdebiet bij het in bedrijf nemen na 'kouddraaien', de meest waarschijnlijke oorzaak voor bevriezing van het koelwater en het lek raken van een of meer condensorpijpen.

Projectorganisatie

De werkgroep bestond uit een RCM2-facilitator, een Assistant to Operations Rotating Equipment, een E&I Technicus, een productietechnicus, een mechanisch technicus en een Service Technicus van Carrier Nederland, die de werkgroep als extern deskundige heeft ondersteund. Projectmanager was René Bakker, Manager Maintenance Fluorproducts. Hij was ook degene die de aanbevelingen van de werkgroep heeft beoordeeld en goedgekeurd.



Figuur 2.
De RCM2-werkgroep

Aanbevelingen

De kans op een lekke condensorpijp verkleinen
Zowel bij het uit bedrijf nemen als bij het in bedrijf nemen van het systeem, is het belangrijk dat de druk van het Suva®-134A in de condensor, de hoeveelheid vloeibare Suva®-134A in de condensor en het koelwaterdebiet goed op elkaar afgestemd blijven. Een te lage druk, te veel vloeibare Suva®-134A in de condensor of een te laag koelwaterdebiet, kan leiden tot bevriezing van het koelwater. De werkgroep beveelt daarom aan om zowel bij het uit bedrijf nemen als bij het in bedrijf nemen van het systeem te (blijven) zorgen voor voldoende koelwater. De werkgroep beveelt aan om een deel van het koelwater via een omloop door een testpijp te leiden. De toestand van de testpijp geeft een goed beeld van de toestand van de condensorpijpen. Zo wordt het mogelijk de condensorpijpen toestandsafhankelijk te reinigen dan wel te vervangen.

De effecten van een lekke pijp in de condensor of de verdamper beperken
De werkgroep beveelt aan om van het Suva®-134A periodiek een monster te nemen. Methyleenchloride in het Suva®-134A wijst op een lekke pijp in de verdamper en is een waarschuwing dat condensorpijpen aan de Suva®-zijde lek zullen raken door corrosie. Het -30°C-koelsysteem kan dan gepland uit bedrijf worden genomen, de verdamper gerepareerd en het Suva®-134A gereinigd dan wel vervangen. Water in het Suva®-134A wijst op een lekke condensorpijp en is een waarschuwing dat de compressor door vrij water en ijs schade zal oplopen. Het -30°C-koelsysteem kan dan gepland uit bedrijf worden genomen, de condensor gerepareerd en het Suva®-134A gedroogd dan wel vervangen. De werkgroep beveelt verder aan om de verdamper te voorzien van een hoogniveau-alarm. Een te hoog niveau in de verdamper wijst op methyleenchloride of koelwater aan de Suva®-zijde en dus op een lekke pijp in de verdamper of op een lekke pijp in de condensor. Het hoogniveau-alarm moet voorkomen dat de compressor uiteindelijk vloeistof gaat aanzuigen.

De kans op een lekke verdamperpijp verkleinen
De werkgroep vond het aannemelijk dat er bijvoorbeeld bij het bijvullen vocht in het methyleenchloride komt. Indien het methyleenchloride dan voor werkzaamheden op omgevingstemperatuur wordt gebracht, treedt er hydrolyse op. Daarbij ontstaan chlorides die de verdamperpijpen met name door spanningscorrosie aantasten. De werkgroep beveelt daarom aan de toestand van de verdamperpijpen te bewaken door wervelstroommetingen uit te voeren. Zo wordt het mogelijk de verdamperpijpen toestandsafhankelijk te vervangen.

Vier jaar later
Toen het -30°C-koelsysteem na de grote onderhoudsstop eind 2007 weer in bedrijf werd genomen, bleef de druk in de verdamper te hoog. De uitkomsten van de RCM2-analyse zijn toen gebruikt als hulpmiddel bij storingsdiagnose. Zo kon snel worden achterhaald dat de debietregeling 7270FV verkeerd was ingesteld. De waarde van de wervelstroommetingen is ook al aangetoond. Ze zijn voor het eerst uitgevoerd tijdens de grote onderhoudsstop van 2007. Toen ze tijdens de grote onderhoudsstop van 2009 werden herhaald, bleek dat de toestand van de pijpen van de verdamper dramatisch was verslechterd. Daarop werd besloten om de slechtste pijp te trekken. Zo werden scheuren in de vinnen van de pijp ontdekt. Materiaalonderzoek toonde aan dat die scheuren zich verder zouden ontwikkelen tot op de pijpwand. Dankzij het uitvoeren van de wervelstroommetingen is het dus mogelijk om de verdamper tijdig te repareren. ■

Met dank aan
Jos ter Brake, docentmentor RCM2 bij Operational Excellence Transfer.

Operational Excellence Transfer

Operational Excellence Transfer biedt kennisoverdracht op het gebied van Reliability-centred Maintenance (RCM). Operational Excellence Transfer maakt deel uit van The Aladon Network, het netwerk van licentiehouders voor RCM2 dat bedrijven wereldwijd ondersteunt bij het toepassen RCM. RCM2 is een pakket van opleidingen en diensten dat erop gericht is de kennis over RCM zo efficiënt mogelijk over te dragen. Dit pakket bestaat uit een basiscursus, een vervolgcursus voor facilitators en een aansluitend mentoraat. Het doel is ondernemingen in staat te stellen RCM zelfstandig toe te passen om zo de betrouwbaarheid van de technische systemen te verbeteren, de onderhoudskosten per eenheid product of dienst te verlagen en de winstmarge en/of het marktaandeel te vergroten, binnen de randvoorwaarden van veiligheid, milieu en duurzaamheid. RCM2 is een methode waarmee eenduidig wordt vastgelegd wat een organisatie van haar technische systemen verwacht. Vervolgens wordt gestructureerd en systematisch bepaald wat het veilige minimum aan onderhoud staken is dat daarvoor nodig is. De volgende zeven vragen staan hierbij centraal:
- Wat zijn de functies en de bijbehorende prestatienormen?
- Op welke manieren kan het technische systeem falen?
- Welke storingen zijn de oorzaken van dat falen?
- Wat gebeurt er wanneer een bepaalde storing optreedt?
- In welk opzicht is die storing van belang?
- Wat kan er worden gedaan om die storing te voorspellen of te voorkomen?
- Wat blijft er over wanneer die storing niet is te voorspellen noch te voorkomen?
Deze zeven vragen kunnen in de praktijk het beste worden beantwoord door een kleine werkgroep met minimaal één monteur en één operator. Onder leiding van een facilitator brengen de werkgroepleden hun kennis en ervaring systematisch en gestructureerd in. Een RCM-analyse maakt duidelijk welke periodieke onderhoudstaken en eenmalige wijzigingen er nodig of wenselijk zijn.