

Warmte-krachtkoppelingstechnologie: de sleutel tot een zuiniger doseersysteem



WITBOEK

Samenvatting

De reeks geïntegreerde Reactor™-doseersystemen van Graco® (figuur 1 en 2), bedoeld voor het aanbrengen van polyurethaanschuim en polyurea, combineert een doseerapparaat met een dieselgenerator. Het systeem is het eerste polyurethaanapplicatiesysteem met warmte op aanvraag op basis van warmte-krachtkoppelingstechnologie, die zorgt voor verbeterde spuitprestaties en een lager verbruik van dieselbrandstof.

Het idee voor het nieuwe geïntegreerde systeem kwam voort uit het besef dat er behoefte is aan doseersystemen die kleiner en zuiniger zijn. Eigenaren van draagbare spuitinstallaties hadden duidelijk behoefte aan een systeem met lagere aanschaf- en bedrijfskosten, maar met dezelfde systeembrendst en kwaliteit.

Met de toepassing van warmte-krachtkoppelingstechnologie richtte het ontwerpteam van Graco zich op drie aspecten: het ontwikkelen van een compleet, mobiel en zuinig systeem; het ontwerpen van een betere gebruikersinterface en betere systeemregelaars; het handhaven of verbeteren van het bestaande niveau spuitprestaties.

Warmte-krachtkoppeling is een methode waarbij zowel warmte als elektriciteit worden gegenereerd uit één energiebron. Dit nieuwe geïntegreerde systeem maakt gebruik van dubbele koelvloeistofcirculatie om de restwarmte van het koelvloeistofsysteem van de generator op te vangen. De verwarmde koelvloeistof wordt naar warmtewisselaars gevoerd, die het materiaal op aanvraag verwarmen. Ten opzichte van een standaard Reactor-eenheid leidt het systeem tot een verbetering van 25% in temperatuurstijging. Het verwarmingssysteem wordt geregeld door eigen software, wat zorgt voor een snelle temperatuurstijging en een nauwkeurige regeling. Doordat elektrische materiaalverwarmers overbodig worden voor de meeste schuimtoepassingen en aanzienlijk kleiner worden voor polyurea is het geïntegreerde systeem uitgerust met een kleinere en zuinigere generator. Uit berekeningen blijkt – en dit wordt bevestigd door veldtests – dat aanzienlijke brandstofbesparingen mogelijk zijn, tot wel 50% per jaar in bepaalde gevallen. De nieuwe reeks doseerapparaten is een volledig ontwikkelde oplossing met een lager elektriciteitsverbruik, een verbeterd verwarmingsvermogen en geavanceerde regelaars. Dit betekent innovatie op het gebied van bediening, productiviteit en rendement.



Figuur 1 – Het geïntegreerde Reactor-systeem afgebeeld met een optionele luchtcompressor



Figuur 2 – Vanaf de achterzijde is te zien dat het gepalleteerde systeem is uitgerust met een ingebouwde generator

AUTEUR:

Arthur T. Graf
AFTD Electrical Design Engineer
Graco Inc.

Ga naar www.graco.com voor meer informatie

Overwegingen bij het ontwerp

Een standaard Graco Reactor machine werkt met standaard separate apparaten, zoals een luchtcompressor, generator, luchttoevoersysteem, toevoerpompen en andere hulpapparatuur. Aangezien de integratie van de generator in de Reactor een aanzienlijke verandering teweegbrengt in de wijze waarop een compleet doseersysteem moet worden gebouwd en bediend, is er veel aandacht besteed aan het ontwikkelen van een systeem dat goed aansluit bij de verwachtingen van klanten en distributeurs. Het technische team van Graco identificeerde drie essentiële ontwerpvereisten voor het bedienen van een compleet doseersysteem: stroom- en luchttoevoer, vormfactor van het systeem en bruikbaarheidsaspecten.

Stroom- en luchttoevoer

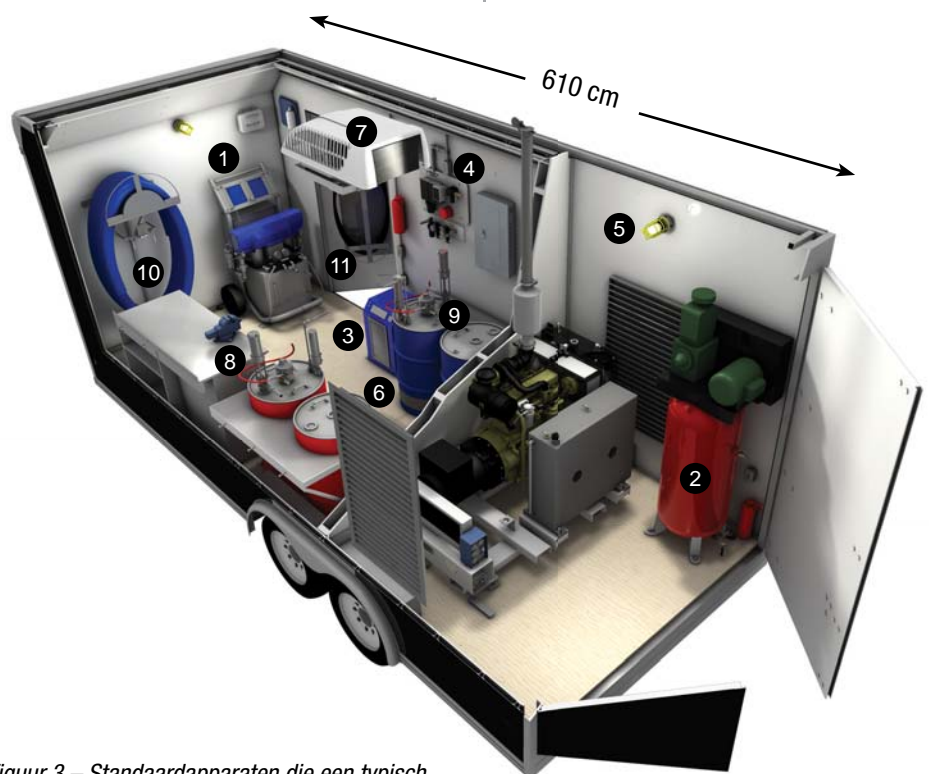
Stroom- en luchttoevoer vormen de basis voor het functioneren van het Reactor-doseerapparaat. Met het oog op de ontwerpdoelen heeft het team bepaald waar de grootste winst voor het energierendement van het systeem te behalen viel.

Elektrische belastingen in een draagbaar doseersysteem (zie figuur 3) zijn onder meer:

1. Elektrische motor en materiaalverwarmers van de Reactor
2. Luchtcompressor
3. Luchtdroger
4. Toevoerlucht
5. Verlichting
6. Band- of mantelverwarmers
7. Verwarming of airconditioning

Deze belastingen kunnen worden onderverdeeld in basissysteem- (1 t/m 4) en extra belastingen (5 t/m 7). Voor perslucht zijn de volgende pneumatische belastingen vereist voor werking van het systeem:

8. Toevoerpompen
9. Roerwerk(en)
10. Lucht voor Pistool
11. Toevoerlucht



Figuur 3 – Standaardapparaten die een typisch draagbaar doseersysteem ondersteunen

Ga naar www.graco.com voor meer informatie

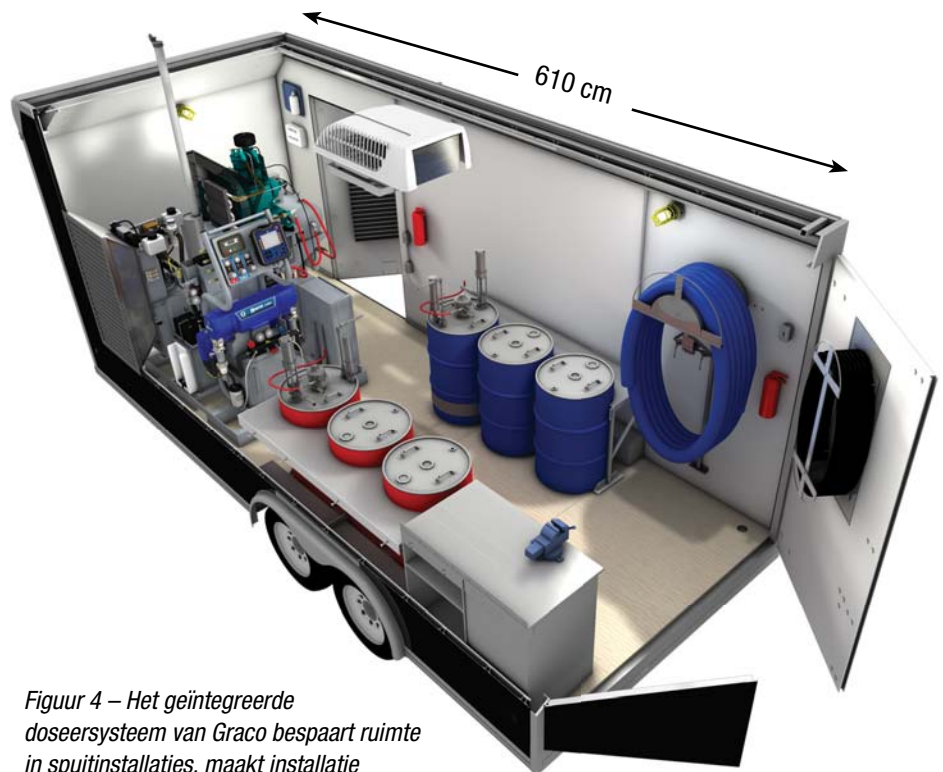
Omdat perslucht op basis van elektriciteit werkt, bestond de systeemoptimalisatie uit twee elementen: hoe konden de persluchtbelastingen worden beperkt en hoe konden de elektrische belastingen worden beperkt zonder de functionaliteit aan te tasten? De mogelijkheid om deze belastingen te beperken, was rechtstreeks van invloed op de keuze van het motor- en generatorvermogen voor het geïntegreerde Reactor-systeem.

Bij het onderzoek naar en de optimalisatie van de persluchtbelastingen ontdekte het team dat hogedrukluichttoevoersystemen aanzienlijke luchtvolumes vereisen. Daarom besloot men om enkel een dubbelmaskerluchttoevoersysteem op basis van lage druk te ondersteunen. Er werd onderzoek gedaan naar optimale roerwerksnelheden voor diverse materialen, aangezien de hoeveelheid lucht direct proportioneel is met de snelheid van het roerwerk. Het team bedacht een manier om de luchttoevoervolume naar het roerwerk te beperken om het risico op overbelasting van een kleinere luchtcompressor te verlagen.


Bij de elektrische belastingen stond het primaire doel van het project centraal: de eisen voor het elektrisch vermogen verlagen of elimineren door de restwarmte van de motor op te vangen. Een ander doel was om de hoge inschakelstromen, veroorzaakt door het uit- en weer inschakelen van de luchtcompressor, te beperken door gebruik te maken van een compressor met continue luchtstroom en ingebouwd lossysteem. Andere benodigde vermogens waren lastig om te verlagen, anders dan door aanbevelingen aan de professionele gebruiker, zoals het toepassen van energiezuinigere mantelverwarmers in plaats van bandverwarmers om het materiaal te conditioneren.

Omvang van het systeem

Het tweede belangrijke ontwerpgebied waarop het technische team zich richtte, was de omvang van het systeem. Het doel was om een systeempakket te ontwikkelen dat op een pallet kon worden geplaatst en op een trailer of in een bakwagen of bestelwagen zou passen (zie figuur 4). Om dit doel te verwezenlijken, waren het formaat en gewicht van cruciaal belang.



Figuur 4 – Het geïntegreerde doseersysteem van Graco bespaart ruimte in spuitinstallaties, maakt installatie eenvoudiger en verbruikt minder brandstof



Daarnaast geldt dat distributeurs bij het opbouwen van spuitinstallaties de generator vaak in een eigen specifieke ruimte plaatsen om de motorventilatie te optimaliseren en het geluidsniveau te beperken. Hoewel het nieuwe geïntegreerde systeem geschikt is voor trailers/vrachtwagens zonder scheidingswand, omdat de kleinere motor minder geluid produceert, biedt het systeem de mogelijkheid om een wand tussen de motor en het doseerapparaat te plaatsen als de klant dat wil. Het enige wat nodig is voor een goede motorkoeling is een minimale hoeveelheid leidingwerk vanaf de scheidingswand van de trailer naar de radiator van de motor. Bijkomende voordelen zijn lagere materiaalkosten en een kortere trailerconstructietijd.

Bruikbaarheidsaspecten

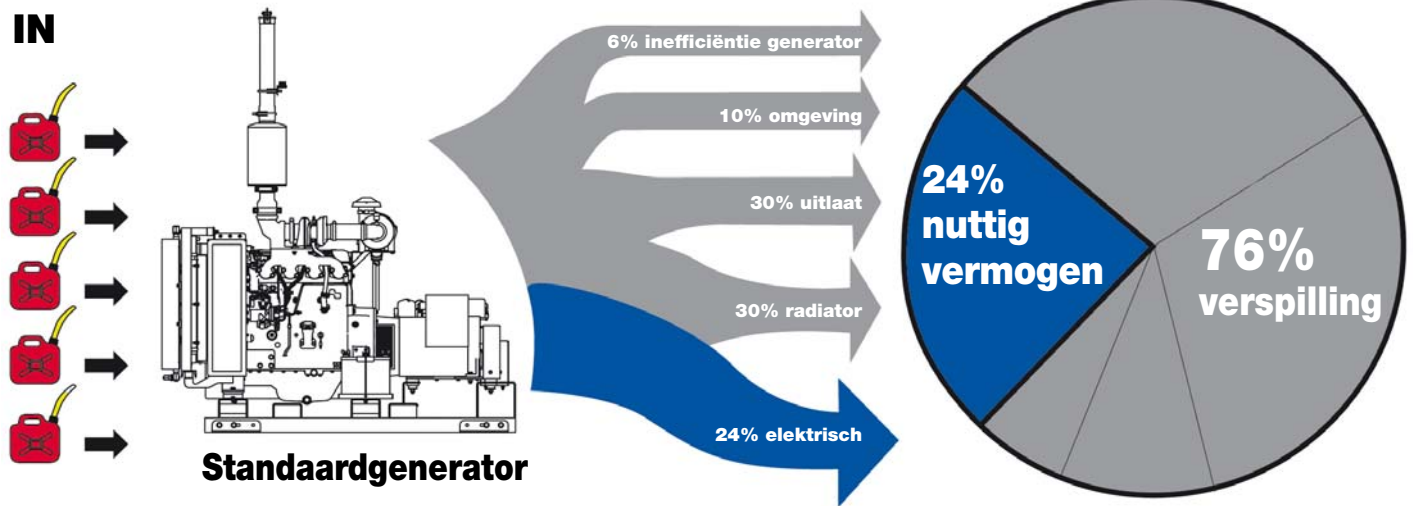
Het derde essentiële ontwerpgebied, bruikbaarheid en menselijke factoren, maakten het noodzakelijk om naar zowel systeemonderhoud en -reparatie als dagelijkse systeemcontrole te kijken. De eindgebruiker heeft vanuit één handige locatie toegang tot de systeemregelaars voor een luchtmengblok, de motor en het doseerapparaat. Bij de opstelling van de motor en het doseerapparaat is rekening gehouden met systeemonderhoud en -reparatie. Zo zijn de Y-strainers voor chemicaliën iets hoger geplaatst om ze beter toegankelijk te maken. Hetzelfde geldt voor de meters voor de materiaaltoevoerdruk en de temperatuur. Het ontwerp van de nieuwe behuizing voor elektrische componenten brengt de meeste kabels van het doseerapparaat en de bekabeling van de extra belastingen samen in een goed georganiseerde ruimte, wat foutdiagnose en reparaties eenvoudiger maakt. Dit betekent ook een besparing op de kosten voor een afzonderlijk stroomonderbrekerspaneel voor extra elektrische belastingen.

Nieuwe technologieën brengen voordelen met zich mee

Bij de nieuwe reeks geïntegreerde Reactor-doseerapparaten zijn nieuwe technologieën toegepast in draagbare polyurea- en schuimapplicatiesystemen. De grootste veranderingen voor de professionele gebruiker zijn de warmte-krachtkoppeling en de bijkomende voordelen van het gebruik van een kleinere dieselgenerator, verbeteringen ten aanzien van een softwarematige regeling van temperatuur en druk, en een volledig vernieuwde elektronische gebruikersinterface.

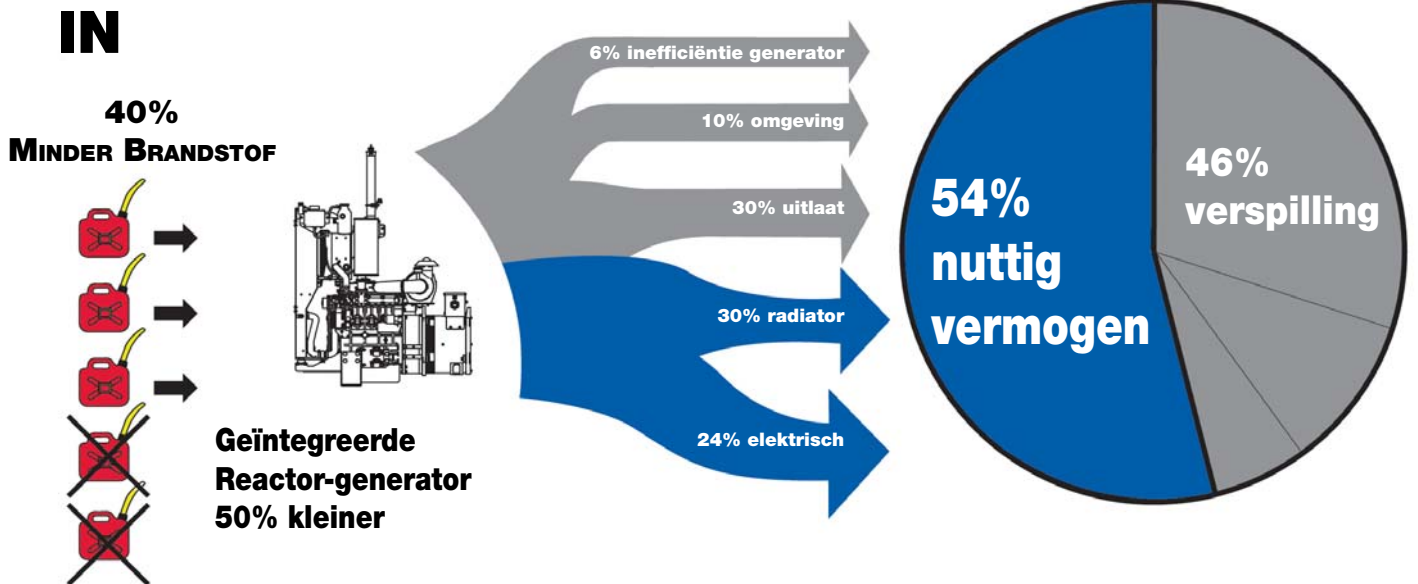
Warmte-krachtkoppelingstechnologie bespaart brandstof

Net als alle andere apparatuur voor energieomzetting zijn dieselmotoren slechts tot op bepaalde hoogte efficiënt. Zoals in figuur 5 te zien is, is zo'n 30% van de energie die in een dieselmotor wordt gestopt, beschikbaar voor mechanische taken. Van deze 30% wordt slechts 80% omgezet in elektrisch vermogen, vanwege de inefficiëntie van de generator. Zo'n 76% van de energie uit de brandstof gaat verloren.



Op dit punt biedt het principe van warmte-krachtenkoppeling aanzienlijke voordelen ten aanzien van systeemrendement en brandstofbesparing. Zoals eerder aangegeven, heeft warmte-krachtenkoppeling betrekking op het genereren van zowel nuttige warmte als elektriciteit uit dezelfde energiebron. Vanwege het lagere benodigde vermogen werd gekozen voor een kleinere generator die behalve voldoende vermogen voor elektrische en persluchtbelastingen ook voldoende restwarmte aan de radiator kon leveren om de door het doseerapparaat te sproeien tweecomponentenmaterialen te verwarmen. Warmte-koppelkracht levert in feite dezelfde totale nuttige uitgang energie als de standaard generatorconfiguratie, maar met een aanzienlijke verlaging van de ingangenergie (brandstof). (Zie figuur 6 op pagina 6.)

Figuur 5 – Rendement van een standaard dieselgenerator



Interessant detail: de besparingen op brandstof worden hoofdzakelijk verwezenlijkt door het wegnemen van de elektrische belasting van de materiaalverwarmers en niet door het lagere generatorvermogen. Het kan worden aangetoond dat de 22 kW-generator op het nieuwe geïntegreerde systeem minder brandstof verbruikt dan een standaard Reactor-doseerapparaat dat wordt gevoed via een 20 kW-generator. Merk op dat het brandstofverbruik proportioneel is met de mechanische belasting van de motor, dus niet van het motorvermogen.

In standaard draagbare doseerinstallaties is de restwarmte van de radiator van de motor een bijproduct van het genereren van nuttig mechanisch/elektrisch vermogen. Het geïntegreerde Reactor-doseerapparaat biedt een belangrijk voordeel: hij vangt dit bijproduct op als nuttige energie en zorgt bovendien voor een lagere mechanische/elektrische energiebehoefte van het doseersysteem.

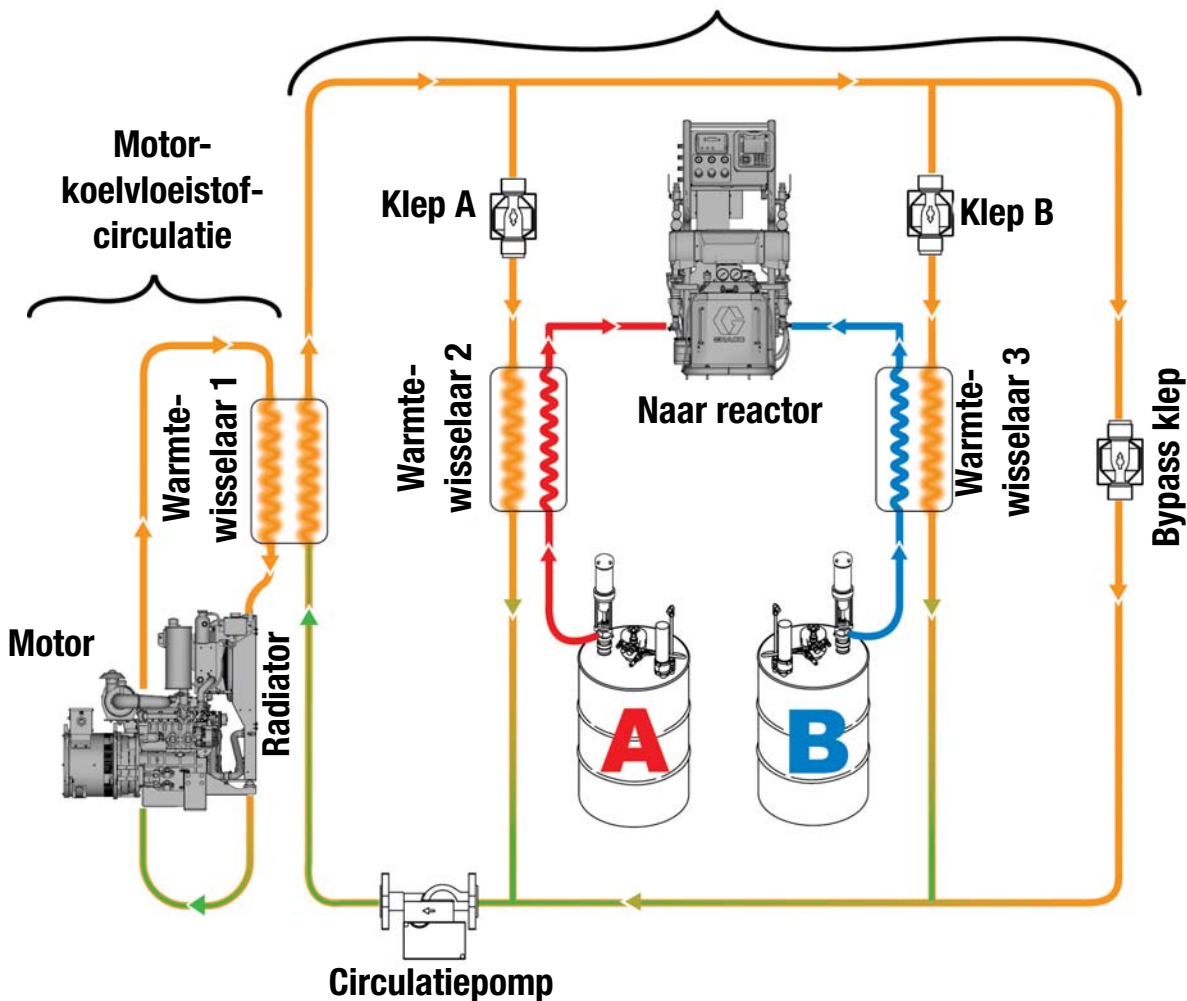
En dat leidt weer tot een lager brandstofverbruik. Dit verduidelijkt het eerdere voorbeeld: de 22 kW-generator werkt doorgaans op 25 tot 50% van de mechanische belasting, terwijl de 20 kW-generator op bijna 100% werkt om de extra belasting van de elektrische materiaalverwarmer op te vangen.

Figuur 6 – Voordeel van warmtekrachtkoppeling: minder brandstof in een kleinere generator levert een uitgangsvermogen dat vergelijkbaar is met dat van een grotere generator

Warmte van de radiator die gewoonlijk verloren gaat, wordt opgevangen uit de koelvloeistof van de motor en via een set van drie warmtewisselaars en twee koelvloeistofcirculaties overgedragen naar het materiaal. In figuur 7 is te zien hoe warmte vanuit de koelvloeistofcirculatie naar warmtewisselaar 1 gaat en vervolgens naar de secundaire koelvloeistofcirculatie wordt overgedragen. De secundaire circulatie houdt de overgedragen warmte vast totdat de Reactor vraagt om de temperatuur van een of beide materialen te verhogen. Bovendien voorkomt deze dat materiaal in de motor kan gaan lekken wanneer een van de warmtewisselaars defect raakt. De softwareregeling bestuurt de drie kleppen in de secundaire koelvloeistofcirculatie waarmee de warme koelvloeistof via de warmtewisselaars A en B wordt gedoseerd om de temperatuur van het beschikbare materiaal uit het doseerapparaat te regelen. Restwarmte die niet nodig is om het materiaal te verwarmen, wordt via de radiator afgevoerd uit de motor.

Figuur 7 – Warmteopvang van motorkoelvloeistof en warmteoverdracht naar materiaal

Secundaire koelvloeistofcirculatie



Ga naar www.graco.com voor meer informatie

Het warmtewisselaarsysteem verwarmt de materialen tot maximaal 60 °C. Als extra warmte nodig is, kan optioneel een extra snelle elektrische verwarmmer (booster) de temperatuur van de materialen verder verwarmen tot maximaal 82 °C. De beste warmteoverdracht wordt bereikt met een acceptabel temperatuurverschil tussen het materiaal en de koelvloeistof. Motorkoelvloeistof is typisch 94 °C en dit betekent een verschil van slechts 11 °C wanneer de materiaaltertemperatuur is ingesteld op 82 °C.

Bij hoge materiaalvolumeopbrengsten is het waarschijnlijk dat het kleine temperatuurverschil zal leiden tot een lagere warmteoverdracht, zodat de temperatuur van het materiaal kan dalen tot onder het instelpunt van 82 °C. Het toevoegen van een snelle kleine 4 kW elektrische verwarming stelt het systeem in staat om de benodigde extra temperatuursverandering voor polyureacoatings te realiseren. Ondanks deze beperking is het systeem in staat om een maximale temperatuursverandering van 56 °C te realiseren zonder de optionele oververhitter en een temperatuursverandering van 78 °C met de optionele oververhitter, wat hoger is dan bij het standaard Reactor-doseerapparaat. Een bijkomend voordeel van het opdelen van de warmtestijging is dat het materiaal dat de doseerpompen ingaat, wordt begrensd op een maximumtemperatuur van 60 °C en zo de verwachte levensduur van de pompdichting niet aantast. Het gebruik van deze methode biedt een materiaaltertemperatuurregeling en herhalingsnauwkeurigheid die vergelijkbaar is met die van het standaard Reactor-doseerapparaat, maar is nog steeds een stuk zuiniger.

Energierendement is slechts een deel van het verhaal. In vergelijking met een 40 kW-generator van een typische spuitinstallatie zien we aanzienlijke voordelen als het gaat om gewicht, formaat en geluid. Het geïntegreerde Reactor-systeem combineert een 29 pk Perkins-dieselmotor met een 22 kW Mecc Alte™-dynamo. In tabel 1 wordt een 40 kW-generator vergeleken met de generator die in het geïntegreerde Reactor-systeem wordt gebruikt.

Tabel 1. Voordelen van het geïntegreerde systeem t.o.v. een standaardsysteem

	Generator op standaardsysteem	Generator op geïntegreerd systeem	Geïntegreerd t.o.v. standaard
Motorvermogen	86 pk	29 pk	66% minder
Dynamovermogen	40 kW	22 kW	45% minder
Afmetingen (L x B x H)	170 x 90 x 120 cm	150 x 65 x 95 cm	46% kleiner
Generatorgewicht	860 kg	320 kg	63% lichter
Brandstofverbruik bij gemiddelde belasting	5,7 l/h	3,4 l/h	40% minder

Softwareregelaars

Voor de nieuwe softwareregelaars van het geïntegreerde systeem werden nieuwe functies ontwikkeld. Zo zorgt de verbeterde drukregelaar voor een minimale drukval tijdens pompomschakeling, wat leidt tot gebalanceerde statische en dynamische (schakel-) drukken voor soepelere spuitprestaties. Het energierendement werd verder verbeterd door de motorradiator uit te rusten met een elektrische ventilator in plaats van de typische riemaandrijvingsoptie.

Via de softwaregeling wordt deze ventilator in- en uitgeschakeld om een constante, optimale bedrijfstemperatuur van de motor en de koelvloeistof te handhaven en niet meer warmte van de koelvloeistof af te voeren dan daadwerkelijk nodig is wanneer deze door de radiator gaat. De motor werkt niet alleen efficiënter maar maakt het ook mogelijk om motorwarmte tijdelijk op te slaan in het koelvloeistofsysteem voor perioden met een grote vraag naar materiaalverwarming.

Gebruikersinterface

De elektronische gebruikersinterface, Advanced Display Module (ADM) genaamd, biedt veel nieuwe tools en een intuïtieve indeling voor eenvoudige dagelijkse bedieningsfuncties (figuur 8). De ADM houdt het netwerk van regelmodules voor de pomp en verwarmingssystemen in de gaten en bewaakt systeemtemperaturen en -drukken. Er zijn specifiekere foutcodes beschikbaar dan op de standaard Reactor, wat helpt bij het opsporen en verhelpen van problemen in het systeem. Gedetailleerde stappen om fouten op te sporen worden op het scherm weergegeven, voor een snel overzicht bij het optreden van fouten. Gegevensregistratie en eenvoudige downloads via USB bieden de eindgebruiker uitgebreide historische gegevens over het aanbrengen van het materiaal en de systeemstatus.

Het systeem kan de actuele drukken van de materialen A en B gelijktijdig weergeven, nuttig om de druk bij het opstarten te balanceren en het foutopsporingsproces te vereenvoudigen. Indicatie van het materiaalniveau in het vat, op basis van het aantal pompcycli of -slagen, kan ervoor zorgen dat het doseerapparaat automatisch wordt uitgeschakeld wanneer de materiaalvoervaten bijna leeg zijn. Gebruikers die meerdere materialen spuiten, kunnen materiaalformules nu opslaan. Het systeem biedt tevens een optioneel extern scherm, zodat de professionele gebruiker altijd kan beschikken over bewakings- en regelfuncties – direct bij het pistool.



Figuur 8 – De Advanced Display Module biedt een gebruikersvriendelijke interface met gedetailleerde foutcodes, hulp bij foutopsporing, en gegevensregistratie

Conclusies

De geïntegreerde Reactor machines bieden diverse belangrijke voordelen ten opzichte van een standaard verplaatsbare spuitinstallatie, terwijl een vergelijkbare of betere functionaliteit wordt geboden in vergelijking met het standaard Reactor-doseerapparaat.

Het systeem is een compacte en volledig bedrijfsklare oplossing. Het installeren gaat een stuk eenvoudiger met een voorbedrade generator, elektrisch paneel en luchtregeleermengblok. Optioneel zijn een luchtcompressor en luchtdroger leverbaar; deze kunnen op het systeem worden voorgeïnstalleerd.

Eindgebruikers kunnen flink besparen op de brandstofkosten door een kleinere motor te selecteren en gebruik te maken van de warmte-krachtkoppelingstechnologie van het systeem, die de materialen A en B verwarmt met minder elektriciteit. Online is een brandstofverbruikcalculator beschikbaar om de verwachte jaarlijkse brandstofbesparing te bepalen op basis van de voor het spuittoestel vereiste systeemconfiguratie.

Wanneer gebruik wordt gemaakt van een Graco Fusion® Gun met een O2-mengkamer is het systeem in staat om een temperatuursverandering van 56 °C te realiseren, of een temperatuursverandering van 78 °C bij gebruik van een extra oververhitter, uitgaande van een aanvankelijke materiaaltoevoertemperatuur van 4 °C. In beide gevallen wordt het materiaal sneller verwarmd dan bij standaard Reactor-doseerapparaten.

Met een nieuw elektronisch display en nieuwe regelaars heeft de professionele gebruiker de beschikking over gedetailleerdere foutcodes en geavanceerde foutopsporingen op het scherm, projectgerelateerde gegevensdownloads via USB-stick, visuele indicaties van het materiaalniveau in het vat, door de gebruiker in te stellen drukonbalans waarbij het systeem moet uitschakelen, opslag van materiaalformules en functies voor uitschakeling bij te weinig materiaal. Optioneel is een extern display bij het pistool leverbaar.

Een verbeterde drukregeling zorgt voor een consistente spuitdruk bij het pistool. Er is een lagere drukval tussen statische en dynamische drukken en er zijn tevens minder drukschommelingen tijdens pompomschakelingen.

De totale kosten voor het spuiten van materiaal zijn lager, zodat de professional zijn werkgebied kan uitbreiden – zowel qua materialen als het aanbrengen ervan. De aanzienlijke tijdsbesparende en financiële voordelen van het geïntegreerde Reactor-systeem geven duidelijk aan hoe krachtig de combinatie van warmte-krachtkoppeling en Graco's doseerapparaat is.

BIOGRAFIE

ARTHUR T. GRAF

Arthur Graf is Electrical Design Engineer bij de divisie Applied Fluid Technologies van Graco Inc. en werkt in Minneapolis in de staat Minnesota in de VS.

*© 2012 Graco Inc. 348761NL Rev. A 10/12
Alle geschreven en afgebeelde gegevens in dit document zijn gebaseerd op de meest recente productinformatie die beschikbaar was bij publicatie. Graco behoudt zich het recht voor om op elk gewenst moment zonder kennisgeving wijzigingen door te voeren. Alle andere merknamen of merken zijn gebruikt voor identificatiedoeleinden en zijn handelsmerken van hun betreffende eigenaars.*