

VAM

Vakblad Asset Management

#

3

nr. 03 / 2019

SMART

Slim, Slimmer, Slimst

De Slimme Monteur
Smart Industry
Predictive Maintenance
Smart Welding Factory

NVDO
Nederlandse Vereniging voor
Doelmatig Onderhoud



Real time simulatie; effectief en kostenverlagend

Vuurvaste bekleding in afvalverbrandingsovens vertoont soms onverwachte schade die kunnen leiden tot stilstand. De schade ontstaat doordat de temperatuur onverwacht hoog oploopt, waarschijnlijk door onbekende chemische stoffen in het afval dat wordt verbrand. Voorspelbaar maken van het onderhoud door betere proceskennis moet uitkomst bieden.

Het lastige met afvalverbrandingsinstallaties (avi) is dat elke situatie anders is. De ene installatie is de andere niet en zelfs binnen een avi kan de situatie per ketel verschillend zijn. Dat komt door de verschillende soorten afval en de samenstelling ervan. De avi's verbranden huishoudelijk afval, bedrijfsafval, chemisch afval en afval dat afkomstig is uit het buitenland. De exacte samenstel-

ling van het afval is meestal niet bekend en kan bovendien per 'grijper' flink verschillend zijn.

...❖ **Oorzaak onbekend.** Vaak is de oorzaak van de temperatuurschommelingen niet duidelijk en daardoor ontstaan schade aan 'het vuurvast' (beton, stenen en tegels). In het WCM-project

de Lerende Steen werken diverse partijen samen aan een oplossing. Gouda Vuurvast Services installeert vuurvaste materialen en is initiatiefnemer van het innovatieproject. De partners in het project zijn Hogeschool Amsterdam, technisch praktijktrainingscentrum Vakwijs, Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) part of TNO, Galileo en World Class Maintenance (WCM).

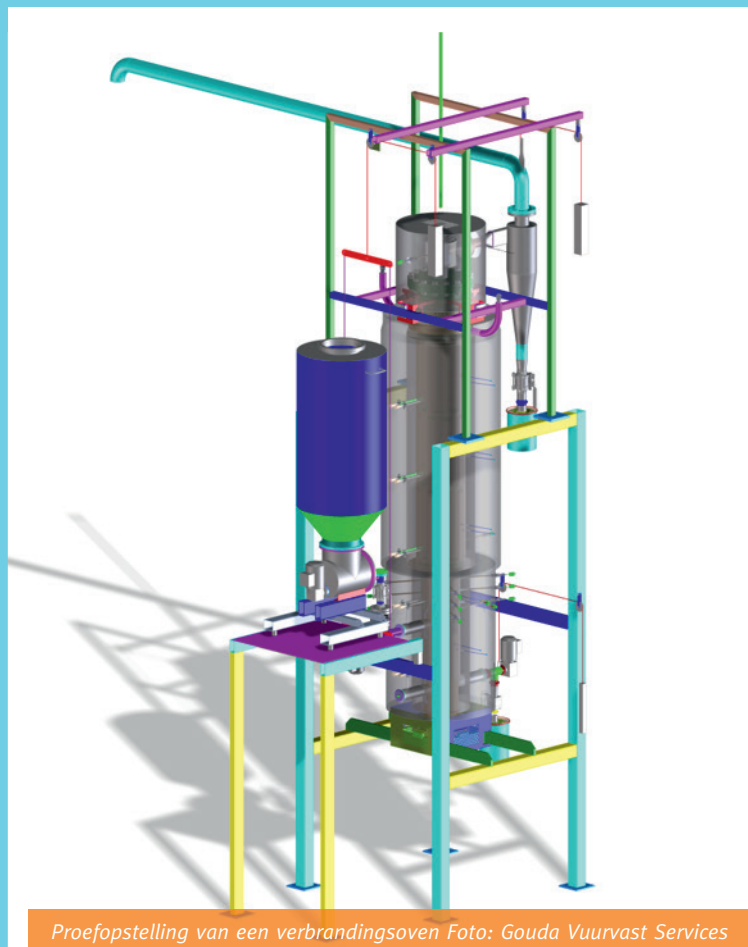
❖ **Levensduur verlengen.** MoorInsight is een jong bedrijf van de broers Pieter en Koen van der Mijle. Het bedrijf ontwikkelt slimme algoritmes voor onder andere predictive maintenance toepassingen in de maritieme sector en de procesindustrie en werd enkele maanden geleden aan het projectteam toegevoegd. Pieter studeerde econometrie en Koen meet- en regeltechniek. Studierichtingen met veel wiskunde, waarbij econometrie meer op de statistische kant zit en meet- en regelkunde op de dynamische processen. “Dynamisch betekent dat input niet direct een eenvoudige relatie tot de output heeft. En dat is bij een avi nadrukkelijk het geval, dat maakt het zo complex”, zegt Koen. De opdracht die het bedrijf kreeg was: ontwikkel een model dat de werking van de oven nabootst in verschillende omstandigheden, waardoor we schade voorkomen, de levensduur van de vuurvaste materialen verlengen en de beschikbaarheid van de installatie verhogen.

❖ **Digital twin.** Koen; “Ik vind het een beetje een buzz-woord, maar het gaat dus om een digital twin: een digitale replica van de installatie. We gebruiken sensordata om het model in real-time te voeden om de digitale replica zo dicht mogelijk bij het daadwerkelijke verbrandingsproces te krijgen. Met dit simulatiemodel voorspellen we vervolgens het gedrag van de avi. Als we de verbrandings-omstandigheden real time kunnen simuleren, dan kunnen we de faalmechanismen in de ketels ook nauwkeurig monitoren. We willen verbanden kunnen aantonen tussen wat de avi’s verbranden en wat de reacties zijn van het vuurvast materiaal. Dat moet leiden tot een simulatiemodel waarmee we het verbrandingsproces beter kunnen besturen en waarmee je kunt voorspellen wanneer welke schades optreden”. Uiteindelijk moet de Lerende Steen Gouda Vuurvast een voorsprong opleveren in de markt met betere producten, een procesoptimalisatietool voor in de controlekamer en avi’s met lagere onderhoudskosten.

❖ **Meetcampagnes.** Om slimme algoritmes te kunnen ontwikkelen, zijn eerst data nodig. ECN voerde hiervoor een aantal meetcampagnes uit om meer inzicht te krijgen in de werkelijke procesomstandigheden. Onder meer temperatuur, gassamenstelling en reducerend en oxiderend verbranden werden gemeten. De resultaten ervan werden en worden gesimuleerd in een proefopstelling die speciaal hiervoor binnen de Lerende Steen werd ontwikkeld en gebouwd. MoorInsight ontvangt de data uit de meetcampagnes en uit de proefopstelling. Koen; “Het is echt puzzelen en zeker geen plug en play. Er zijn heel veel variabelen om rekening mee te houden en het schonen van de data is een groot deel van het werk. In een oven heb je bijvoorbeeld slakaangroei aan de wand. Dat kan ook tegen een sensor aangroeien, wat vervolgens als een isolatielaag werkt en de temperatuur-registratie dempt. Maar die laag kan er ook ineens weer afvallen, waardoor je sensor ineens weer werkt. Dat soort dingen zijn wel heel sectorspecifiek”.

❖ **Model versus de metingen.** Pieter toont het model op zijn computerscherm. Een golvende blauwe horizontale lijn staat voor het model. Een rode lijn kringelt daaromheen en volgt zijn eigen patroon. Dit zijn de daadwerkelijke metingen. De afwijkingen komen voort uit veiligheidsfactoren en omdat het model (nog) niet helemaal klopt. Het model werd ontwikkeld aan de hand van research en bestaande informatie over avi’s. “Je moet elke stap goed

‘Smart maintenance wordt steeds belangrijker’



Proefopstelling van een verbrandingsoven Foto: Gouda Vuurvast Services

→ in kaart brengen en je hebt domeinkennis nodig. Je moet het hele proces begrijpen, wat gebeurt er in de oven, wat wordt er gemeten en welke sensoren worden er gebruikt. Je moet in gesprek met de operators, de managers en de onderhoudsfirmas. En ook de businesscase moet kloppen”.

→ **Sensoren + algoritme = voorspellen.** Dat alles samen wordt aangevuld met de specifieke kennis van MoorInsight en leidde tot een eerste versie van ‘het model’. “Als je dan vervolgens het model toetst in de praktijk, blijkt uit de metingen dat het anders is dan gedacht, bijvoorbeeld omdat bepaalde aannames niet juist bleken, of omdat je iets over het hoofd zag. Door gebruik te maken van machine learning technieken kunnen we het model tunen en de praktijk zo dicht mogelijk benaderen. Vervolgens heb je een gevalideerd model en kun je voorspellen”. Klinkt betrekkelijk eenvoudig, maar is het niet, zegt Koen. “Een oven is een dynamisch geheel. Je hebt te maken met afval van wisselende samenstelling, de oven zelf verandert, omdat er onderdelen worden vervangen, er zijn temperatuurschommelingen, et cetera. Je kunt en wilt dus niet blijven werken met het model van het begin. Je wilt blijven meten. Daarbij moet je honderd procent zeker zijn van de data die je ontvangt. Want je kunt nu iets meten en tien minuten later gaat de temperatuur omhoog. Daarom is de input van een operator ook zo belangrijk”.

→ **Optimalisatie trade-off.** Pieter; “We hebben het meeste last van de hele hoge temperaturen die het vuurvast en de ankers kapot maken. De vraag is: kunnen we aan bepaalde knoppen draaien waardoor die temperatuuruitschieters afvlakken? Hiervoor zoeken we naar nuttige correlaties tussen de input en de output waarmee je kunt voorspellen”. Hij wijst op een kleurrijke tabel die de verschillende relaties tussen procesonderdelen weergeeft. “We hebben alle variabelen tegenover elkaar gezet en de correlaties vastgesteld. Het duurt bijvoorbeeld ongeveer veertig minuten voordat de toevoer van nieuw afval leidt tot een hogere temperatuur, terwijl de aanname was dat dit twintig minuten zou zijn. Dat leidde tot verklarende variabelen, zoals de snelheid van de toevoerband en de druk van de primaire lucht, en die willen we meenemen in het model waardoor de operator straks op tijd kan terugschakelen.” Koen; “Je wilt zo veel mogelijk afval verbranden, want dat levert energie op. Maar als dat betekent dat je schades creëert die tot stilstand leiden... Deze trade-off leidt tot een constraint-optimalization probleem waar we het optimum voor berekenen”.

In de industrie wordt veel gewerkt met PID-regelaars die het proces aansturen op basis van een foutsignaal. Het zijn veel gebruikte regelaars omdat het in veel processen een bewezen techniek is. Deze controllers zijn echter niet optimaal omdat ze alleen reactief zijn. Koen; “Wij ontwikkelen model based controllers. Dankzij de toegenomen rekenkracht van processors is hierin steeds meer mogelijk. Als je dan ook een goed model hebt, dan kun je voorspellen waardoor anticiperen mogelijk is. Door in te spelen op verwachte temperatuurstijgingen kunnen we deze minimaliseren of zelfs voor-

komen, dit verlengt de levensduur aanzienlijk. We zijn redelijk ver in het begrijpen van het proces en het ontwikkelen van de modellen. We wachten nog op nieuwe data van de proefopstelling”. Smart maintenance wordt steeds belangrijker, als ‘hulpmiddel’ in het kader van de vergrijzing en ook voor het onderwijs, weet Koen. “Daarom werken wij ook samen met Hogeschool Amsterdam. Zij kunnen onze input gebruiken in hun curriculum en lesmodules. Omgekeerd is de analyse van de studenten voor ons interessant. Zien zij dingen die wij niet zien?”

→ **Theorie moet wel aansluiten bij de Praktijk.** “Je hebt whitebox modeling; theorie gedreven. Zo zou het moeten zijn volgens theorie maar het gaat in praktijk vaak niet op”, vervolgt Koen. “Aan de andere kant heb je blackbox modeling; met machine learning technieken kan je zonder iets van het proces te weten (alleen op basis van data) een model afschatten. Wanneer er weinig theorie bekend is, of wanneer de theoretische modellen niet nauwkeurig de werkelijkheid beschrijven, kan dit interessant zijn. Echter, dit geeft weinig inzicht in het proces zelf. Onze aanpak zit er tussenin: greybox identification. Een theoretisch model als startpunt dat we met behulp van data-analyse finetunen zodat het aansluit op de praktijk. Dit heeft de voordelen van beide: een model dat nauwkeurig de werkelijkheid beschrijft, maar daarnaast ook inzicht geeft. Dit inzicht is belangrijk voor een effectieve implementatie. Want als je een plant wilt besturen dan willen de mensen wel begrijpen wat er gebeurt. Een te slim of een compleet zelflerend systeem is dan té. Je kunt een interessant algoritme hebben, maar als de operator er niet blij mee is, dan werkt het niet”.

‘Je kunt een interessant algoritme hebben, maar als de operator er niet blij mee is, dan werkt het niet’

De Lerende Steen wordt mede mogelijk gemaakt door