



Explosie in een batchreactor

Na het toevoegen van vaste grondstoffen aan een batchreactor deed er zich een explosie voor in de reactor. Daarbij werd het nog niet volledig vastgemaakte mangatdeksel van het mangat waarlangs de toevoeging gebeurde, weggeslingerd. De operator die het mangatdeksel nog aan het vastschroeven was, werd daarbij dodelijk getroffen.

Relaas van de feiten

Beschrijving van de installatie

Het productieproces bestaat uit verscheidene opeenvolgende stappen in verschillende installatieonderdelen. De reactor waar de explosie gebeurde, is de eerste stap in het proces. Daarbij worden polyolen veresterd met acrylzuur op een temperatuur rond 100°C.

Het productieproces vergt heel wat manuele interventies van de operatoren. De explosie gebeurde tijdens de ladingfase van de reactor. Tijdens deze fase worden drie soorten stoffen toegevoegd aan de reactor:

- vloeibare katalysator vanuit een IBC (operator zet hiertoe de reactor onder vacuüm);
- een aantal emmers met vooraf afgewogen en klaargemaakte kleine hoeveelheden vaste grondstoffen, die via het mangat van de reactor manueel worden toegevoegd; en
- een licht ontvlambaar solvent, aangevoerd vanuit een bulk tank waarbij de hoeveelheid en het debiet worden gestuurd door de procescomputer.

Vervolgens wordt via de procescomputer acrylzuur toegevoegd vanuit een bulk tank. De reactie wordt gestuurd door het debiet van acrylzuur en de reactortemperatuur te regelen.

Tussen twee verschillende batches wordt de reactor gespoeld met een grote hoeveelheid solvent. Deze operatie wordt manueel geïnitieerd door de operator. Dit "spoelsolvent" wordt met perslucht doorgestuurd naar het volgende installatieonderdeel.

Beschrijving van het ongeval

De reactor was na een eerste batch gespoeld met solvent. De opstart van de tweede batch was nog niet ingevoerd in de procescomputer, doch de operator had wel reeds de vloeibare katalysator en de vaste grondstoffen toegevoegd. Bij het vastschroeven van het mangatdeksel vond een explosie plaats in de reactor, gevolgd door een hoge steekvlam. Het mangatdeksel werd weggeslingerd en heeft de operator dodelijk getroffen.

Oorzaken van het ongeval

Voor een brand of explosie is zuurstof, een brandbare stof en een ontstekingsbron nodig:

- Het proces vond plaats in een zuurstofrijke atmosfeer. In het oorspronkelijk ontwerp van het procedé werd dit noodzakelijk geacht voor de werking van de inhibitor die zich in het acrylzuur bevindt ter preventie van de ongewenste autopolymerisatie.
- De reactor wordt tussen twee batches gespoeld met het licht ontvlambare solvent. Dit solvent wordt wel doorgestuurd naar het volgende installatieonderdeel, doch in de reactor blijft solventdamp aanwezig. De explosiegrenzen van dit solvent bij

20°C zijn 1,2 en 7 vol%. Berekeningen door de onderneming voor het ongeval toonden aan dat er na de spoeling 5 vol% solventdamp in de reactor aanwezig is. Op het ogenblik dat de operator het mangat opende om de vaste stoffen toe te voegen, bevatte de reactor dus een explosief solvent/lucht mengsel.

- De ontsteking van het solvent/luchtmengsel werd toegeschreven aan een ongewenste chemische reactie tussen de vaste stoffen die manueel via het mangat werden toegevoegd aan de reactor. Laboratoriumtesten die tijdens het ongevalonderzoek werden uitgevoerd, identificeerden een reactie tussen drie van de vaste grondstoffen. De reactie is traag bij kamertemperatuur, doch vanaf 40-75°C versnelt de warmteontwikkeling. Tussen 90° en 100°C treedt er een sterke exotherme reactie op met vorming van een fosforhoudend pyrofoor gas met een zelfontbrandingstemperatuur van 100°C. Het meest plausibele en weerhouden scenario voor het ongeval is dat de toegevoegde vaste stoffen met elkaar gereageerd hebben en het gevormde pyrofoor gas ontvlamd is en zo het solvent/lucht mengsel heeft ontstoken.

Op de dag van het ongeval was een exotherme reactie tussen de vaste grondstoffen mogelijk omdat:

- enerzijds de vaste grondstoffen werden toegediend aan een nagenoeg lege reactor (slechts gevuld met enkele tientallen liters vloeibare katalysator), waardoor ze ophoopten aan de wand van de reactor onder het mangat waar ze werden toegevoegd; en
- anderzijds de temperatuur van de reactorwand ongeveer 80°C bedroeg. Het product van de voorgaande batch was na afkoeling tot 80°C overgepompt naar het volgende installatieonderdeel. De reactor werd vervolgens gespoeld met solvent op kamertemperatuur. Het koelsysteem van de reactor werd bij aanvang van de volgende batch niet geactiveerd.

De gewenste laadsequentie hield in dat eerst een derde van het solvent naar de reactor werd verpompt vooraleer de vaste stoffen manueel toe te voegen. Dit zou de ophoping van de vaste stoffen vermeden hebben.

Indien men op de procescomputer de opstart van de tweede batch had ingegeven vóór de manuele beladingen, zou bovendien de reactor automatisch gekoeld geweest zijn tot onder de starttemperatuur van de ongewenste reactie.

De gewenste laadsequentie was echter niet eenduidig vastgelegd in de batchkaart, noch in de onderliggende 13 jaar oude instructie. Het softwareprogramma van de procescomputer zelf was ook niet in overeenstemming met deze gewenste laadsequentie.

Er waren sinds de indienststelling van de installatie verscheidene wijzigingen aangebracht aan de laadsequentie. Het oorspronkelijke proces voorzag dat de totale hoeveelheid solvent eerst werd toegevoegd. Enkele jaren voor het ongeval werd dit gewijzigd omdat het toevoegen van de katalysator – toen nog in vaste vorm en in grove brokken – leidde tot opspatten van het solvent. Er werd toen beslist om als eerste stap maar één derde van de solventhoeveelheid in de reactor te laden en de resterende hoeveelheid solvent slechts toe te voegen op het einde van de beladingfase. Deze twee-stapsbelading was noch in de software noch in de batchkaart ingevoerd. De operator moest in praktijk de belading manueel stoppen na verpomping van het eerste deel solvent of voor elke batch manueel de hoeveelheid aanpassen in de procescomputer. De sequentie en de software waren ook niet aangepast naar aanleiding van de recentere overgang van vaste naar vloeibare katalysator. Omdat voor de belading van de vloeibare katalysator vanuit een IBC de reactor onder vacuüm moet worden gezet, was dit sinds die wijziging in praktijk altijd de eerste stof die werd toegediend.

Deze gewenste laadsequentie hield evenwel in dat de operator werd blootgesteld aan solventdampen bij het toevoegen van de vaste grondstoffen. Dit risico was door de onderneming geïdentificeerd en de operatoren werden verwacht ademhalingsbescherming te dragen tijdens deze handeling. Deze verplichting was echter niet formeel vastgelegd in de instructies noch werd daarop toegezien door de hiërarchische lijn.

Dit alles had tot gevolg dat de wijze van belading verschilde van ploeg tot ploeg en zelfs binnen eenzelfde ploeg. Blootstelling aan solventdampen werd door sommige operatoren blijkbaar vermeden door het solvent als laatste toe te dienen, na belading van de katalysator en de vaste grondstoffen.

Bovendien - gezien enkel de belading van solvent en acrylzuur gestuurd worden door de procescomputer - was er geen enkele technische noch operationele belemmering dat de operatoren pas de opstart van een nieuwe batch in de procescomputer ingaven na de manuele belading van de katalysator en vaste grondstoffen. Hierdoor was de koeling van de reactor tussen twee batches niet langer automatisch geborgd.

De risicoanalyse op het batchproces was onvolledig en van onvoldoende kwaliteit:

- De spoelstap met solvent tussen twee opeenvolgende batches was niet behandeld;
- De aanwezigheid van een explosieve atmosfeer in de reactor was geïdentificeerd, doch er werd niet geëvalueerd of en hoe deze vermeden kon worden. Zo werd de nood om te werken in een zuurstofrijke atmosfeer omwille van de acrylzuur-inhibitor - en dit vanaf de belading - niet in vraag gesteld. Er werden enkel maatregelen gedefinieerd ter vermindering van ontstekingsbronnen;
- De laadsequentie werd niet in vraag gesteld en er werd ervan uitgegaan dat deze eenduidig vastlag in de batchkaart;
- Niet alle gevaren en risico's werden geïdentificeerd, zoals de mogelijke interacties tussen de vaste grondstoffen en het gebruik van perslucht voor verpomping van het licht ontvlambare solvent tussen installatieonderdelen; en
- De productie-afdeling had niet deelgenomen aan de risicoanalyse.

Een drietal jaren voordien was er een incident aan een gelijkaardige reactor van dezelfde productieafdeling. In een testrapport werd gewezen op de mogelijke gevaarlijke reacties tussen de grondstoffen. De conclusies van het incidentenonderzoek werden onvoldoende opgevolgd en waren geen aanleiding tot het herevalueren van de wijze waarop het productieproces werd bedreven.

Een jaar voor het ongeval werd de onderneming overgenomen. In de periode voor en tijdens de overname vonden heel wat personeelwijzigingen op managementniveau plaats, zowel in operationele als technische functies. Deze organisatorische wijzigingen hebben geleid tot vertraging in de lopende projecten en acties. Zo was er voor het ongeval een project geïnitieerd om de vaste grondstoffen via een gesloten systeem toe te voegen aan de reactor om het probleem van blootstelling aan solvent weg te werken. Dit project viel stil toen de projectleider de onderneming verliet. Enkele maanden voor het ongeval werd het project gheredefinieerd met de bedoeling het proces in een zuurstofarme atmosfeer te bedrijven.

Het veiligheidsbeheersysteem van de onderneming borgde niet dat de impact op veiligheid van dit soort organisatorische wijzigingen systematisch werd geëvalueerd en geminimaliseerd.

Lessen

- Laden van producten via een open mangat van een reactor die ontvlambare dampen bevat, is slechte praktijk en is niet toe te staan.
- De procedures voor het uitvoeren van risicoanalyses op installaties met risico's van een zwaar ongeval dienen te verzekeren dat:
 - alle procesgevaaren, inclusief alle mogelijke gevaarlijke interacties tussen chemicaliën, geïdentificeerd worden;
 - voor batchprocessen alle processtappen en alle omstandigheden worden geanalyseerd;
 - de mogelijkheid tot eliminatie van een risico systematisch wordt onderzocht en voorrang wordt gegeven aan preventieve maatregelen t.o.v. schadevoorkomende maatregelen; en
 - De productie-afdeling deelneemt aan de risicoanalyses.
- De uitvoering van aanbevelingen en acties uit risicoanalyses, werkpostanalyses en incidentenonderzoek is periodiek op te volgen.
- Elke wijziging aan een procedé dient gecontroleerd te gebeuren, waarbij geborgd wordt dat de impact van de wijziging op alle gerelateerde instructies, batchkaarten alsook de processturing wordt geëvalueerd en verwerkt (management of change).
- Werkinstructies moeten ondubbelzinnig zijn en zijn periodiek te herzien en te actualiseren.
- De hiërarchische lijn dient te waken over de correcte naleving van de werkinstructies. Haar verantwoordelijkheden en taken op vlak van het welzijn van de werknemers bij de uitvoering van hun werk en het veiligheidsbeheersysteem zijn vast te leggen (bijvoorbeeld via functieomschrijvingen).
- Alle wijzigingen op het vlak van de organisatie van een onderneming, waaronder zeker overnames en herstructureringen, dienen te worden beoordeeld op hun impact op het veiligheidsbeleid en de uitvoering ervan. Bij wijzigingen op personeelsvlak is onder meer te voorzien in een overdracht van de taken en verantwoordelijkheden op vlak van het welzijn van de werknemers en het veiligheidsbeheersysteem alsook in een overdracht van lopende acties en projecten.

Deze nota verschijnt in de reeks "Lessen uit ongevallen". In deze reeks worden incidenten en ongevallen beschreven die zich in Belgische Seveso-bedrijven voordeden en onderzocht werden door de Afdeling van het toezicht op de chemische risico's. De bedoeling van deze nota's is het toegankelijk maken van lessen uit deze incidenten en ongevallen voor een groot publiek.

Deze nota werd opgesteld in samenspraak met het bedrijf waar het incident of ongeval zich voordeed. Om redenen van privacy en confidentialiteit werden gegevens die een identificatie van het betrokken bedrijf mogelijk maken en die niet nodig zijn voor de duidelijkheid van de lessen, niet opgenomen (zoals de plaats en datum van het ongeval, bepaalde technische gegevens van de installatie).

Meer "Lessen uit ongevallen" en informatie over preventie van zware ongevallen vindt u op:
www.werk.belgie.be/acr

Deze nota mag vrij verspreid worden op voorwaarde dat het om de volledige nota gaat.
Cette note est aussi disponible en français.

Kenmerk: CRC/ONG/016-N
Verantwoordelijke uitgever: FOD Werkgelegenheid, Arbeid en Sociaal Overleg
Publicatiedatum: september 2008