



Réaction incontrôlée et explosion suite à la rupture d'un agitateur

Une explosion s'est produite suite à une réaction incontrôlée dans une unité de fabrication d'initiateur d'une entreprise chimique. L'explosion a détruit les réacteurs et d'autres équipements proches sans faire de blessé. Vu les dommages sur les équipements, la production fut interrompue pendant plusieurs mois. L'accident tire son origine dans la non-détection de la rupture de l'agitateur du réacteur.

Relation des faits

Description de l'installation

La réaction a pour but de produire un initiateur au sein d'un réacteur batch à pression atmosphérique. Le produit final est fabriqué en mélangeant un hydroperoxyde, un diol solide et différents catalyseurs. L'ajout de catalyseurs provoque une élévation de la température du mélange. Une fois la réaction terminée, la température est diminuée par injection d'eau froide.

En vue d'avoir une réaction homogène lors de l'ajout des matières premières et parce que certaines de celles-ci sont corrosives, le réacteur est équipé d'un agitateur vitrifié monobloc. Pour que la réaction soit optimale, le réacteur est également chauffé à l'aide d'eau chaude circulant dans sa chemise. Il dispose de plus d'un couvercle amovible pour permettre une inspection visuelle. Les matières solides sont ajoutées par une trémie et une vis de dosage. Le réacteur est équipé d'un détecteur de niveau et de deux capteurs de température situés dans un baffle vitrifié.

Le processus est contrôlé automatiquement par un DCS (automate de supervision) qui commande la séquence des phases de la réaction. Il définit les points de consigne requis et vérifie que les conditions nécessaires sont satisfaites avant que le lot ne puisse passer à l'étape suivante (température, niveau, fonctionnement de l'agitateur, position des vannes, etc.). Au besoin (par exemple en cas de température trop élevée), le DCS commande l'injection d'eau pour stopper une réaction incontrôlée. Normalement, la progression des étapes est automatique mais il est possible de passer d'une étape à l'autre par action manuelle dans le logiciel.

En plus du DCS, un autre système automatique d'arrêt d'urgence peut également injecter de l'eau pour empêcher une réaction incontrôlée imminente. Celui-ci est déclenché par un capteur de température dédié à un point de consigne fixé à 70 °C et supérieur aux températures normales du processus. Ce capteur de température est indépendant des autres capteurs de température mais est situé à la même hauteur dans le réacteur.

L'agitation est contrôlée par un indicateur de vitesse situé sur la partie supérieure de l'arbre de l'agitateur. En cas d'arrêt de la rotation de l'arbre durant plus de 15 minutes, de l'eau est injectée en vue de sécuriser le réacteur. L'indication de la vitesse de rotation de l'arbre a été jugée fiable parce que l'agitateur est d'un seul tenant. Toutefois, la fiabilité des indicateurs de température dépend de l'homogénéité thermique du contenu du réacteur, et donc d'une homogénéisation adéquate.

Origine et description de l'accident

Lors du batch accidentel, le responsable technique demande à un instrumentaliste de contrôler le système vu le temps de chauffage anormal des réactifs. L'instrumentaliste contrôle les sondes de température et détermine que celles-ci fonctionnent correctement. L'agitateur n'est pas contrôlé vu que la mesure de la vitesse de rotation ne présente pas d'anomalie. L'instrumentaliste interprète un temps de chauffage plus long par le fait qu'une partie de l'eau chaude permettant de réchauffer le réacteur est utilisée pour un autre travail également en cours dans l'usine (ce qui est une erreur car il s'agit bien de deux circuits différents). Pensant que le mélange est correctement réalisé même si la température adéquate n'a pas été atteinte, l'instrumentaliste force alors l'étape du procédé en intervenant sur le logiciel du DCS ce qui permet de passer à l'étape suivante qui consiste à ajouter le catalyseur.

La réaction incontrôlée débute lors de l'ajout du catalyseur dans le réacteur alors que les réactifs ne sont pas correctement mélangés. Le diol (solide lors de l'ajout) se trouvait probablement sous forme de boue au fond du réacteur et était recouvert d'une couche de peroxyde liquide. Le catalyseur a ainsi réagi avec du peroxyde pur. Des points chauds sont apparus et la réaction a libéré des gaz à l'origine de l'explosion.

L'absence d'homogénéisation trouve son origine dans la rupture mécanique des pales de l'agitateur durant la réaction du batch précédent. Le détecteur d'agitation, qui se base sur la vitesse de rotation de l'arbre, n'a pas décelé l'absence d'agitation vu que l'arbre continuait à tourner alors que les pales avaient été désolidarisées. La rupture des pales tire probablement son origine dans une corrosion initiée par des dommages mécaniques occasionnés au revêtement protecteur en verre.

De plus, l'absence d'agitation a fait que la température n'était pas homogène dans le réacteur. Au niveau des détecteurs de température, la température n'était pas anormalement élevée et la valeur de consigne pour l'injection d'urgence en eau n'a jamais été atteinte ce qui a permis à la réaction incontrôlée de se poursuivre.

En ce qui concerne la maintenance, les détecteurs de niveau et de température étaient considérés comme des éléments critiques et étaient ainsi contrôlés tous les 3 mois. Par contre, l'agitateur n'était pas considéré comme un élément critique. Le procédé avait été étudié lors d'une étude HAZOP mais le problème de la corrosion n'avait pas été évalué. Le problème de l'agitation avait été relevé et le risque d'absence de celle-ci avait été solutionné par la mesure de la vitesse de l'arbre. La perte des pales n'avait pas été envisagée. L'étude HAZOP n'avait pas été réévaluée depuis près de 9 ans alors qu'une procédure donnait une périodicité de 5 ans.

Plusieurs petites dérives par rapport au fonctionnement normal auraient pourtant pu permettre de déceler le problème et donc d'éviter l'accident:

- en fonctionnement normal, l'agitation du liquide crée un bruit sur la courbe de contrôle relative au détecteur de niveau (liquide agité à la surface). Ce bruit, visible sur les écrans de la salle de contrôle, a disparu durant le batch précédent au moment où les pales se sont probablement désolidarisées de l'arbre
- le chauffage du batch précédent a été anormalement long
- mauvais rendement du produit du batch précédent
- le chauffage du batch accidentel était à nouveau anormalement long.

Certaines de ces dérives étaient donc déjà apparues durant la finition du batch précédent le batch accidentel.

Leçons

- Le capteur de vitesse de rotation d'un agitateur peut fournir une mesure erronée en cas de désolidarisation de l'arbre et des pales. Pour ce type de sécurité, il est bon de doubler la protection en utilisant la mesure de la puissance consommée par l'arbre (un arbre tournant sans pale consomme une énergie moindre).
- Un seul défaut peut rendre inopérants plusieurs appareils de sécurité (mesure de température et d'agitation) que l'on pense indépendants. Dans cet accident, la non-détection du manque d'agitation n'a pas été compensée par la détection d'une température anormalement élevée. En effet, bien que ponctuellement des températures dangereuses fussent atteintes, celles-ci n'ont pas été détectées à l'emplacement des sondes de température. Les différents détecteurs pour la mesure de température étant situés à la même hauteur dans le réacteur, ceux-ci ne pouvaient pas indiquer que la température n'était pas homogène dans le réacteur. Il est toujours important d'évaluer de tels phénomènes lors de l'analyse de risques des installations.
- L'agitateur, appareil utile à la sécurité du procédé, devrait toujours être considéré comme un élément critique et devrait par conséquent être inspecté selon une périodicité judicieuse.
- Bien que certains appareils soient réalisés en verre ou protégés par une couche superficielle, ceux-ci peuvent subir un phénomène de corrosion. La rupture de tels appareils peut être soudaine et parfois plus difficile à prévenir.
- Les travailleurs doivent être sensibilisés par l'employeur de façon à avertir la hiérarchie pour analyser toutes les petites anomalies qui peuvent en réalité cacher un danger.
- Il faut sécuriser au maximum les systèmes de gestion de processus (DCS dans ce cas) pour que les étapes critiques ne puissent pas être court-circuitées sans autorisation formelle.
- Les études de risque doivent être périodiquement revues. Les révisions doivent être réalisées selon un planning préétabli et le respect de ce planning doit être suivi formellement.

Cette note est publiée dans la série "Leçons tirées des accidents". Des incidents et accidents survenus dans des entreprises Seveso belges et enquêtés par la Division du contrôle des risques chimiques sont décrits dans cette série. L'objectif de ces notes est de mettre à disposition pour un grand public les leçons tirées de ces incidents et accidents.

Cette note a été rédigée en collaboration avec l'entreprise où l'incident ou l'accident a eu lieu. Pour des raisons de vie privée et de confidentialité, les données rendant l'identification de l'entreprise concernée possible et qui ne sont pas nécessaires pour la clarté des leçons, n'ont pas été reprises (telles que le lieu et la date de l'accident, certaines données spécifiques de l'installation).

Vous trouverez plus de "Leçons tirées des accidents" et d'informations sur la prévention des accidents majeurs sur: www.emploi.belgique.be/drc

Cette note peut être distribuée librement à condition qu'il s'agisse de la note entière.
Deze nota is ook verkrijgbaar in het Nederlands.

Référence: CRC/ONG/035-F
Editeur responsable: SPF Emploi, Travail et Concertation sociale
Rédaction clôturée le 8 février 2012