

Μπορεί η υπερβολική ψύξη ενός αντιδραστήρα να προκαλέσει ανεξέλεγκτη αντίδραση;

Ιούλιος 2018

Το 1996, έγινε μια έκρηξη ενός αντιδραστήρα 600 US γαλονιών (~2.3 m³), σε ένα βρετανικό εργοστάσιο βαφών. Η διεργασία απαιτούσε προσθήκη νιτροζυλοθειικού οξέος (NSA) στον αντιδραστήρα, που περιείχε αμίνη και θειικό οξύ, σε θερμοκρασία μεταξύ 30° και 40 °C. Η αντίδραση ήταν εξώθερμη – παρήγαγε θερμότητα. Η τροφοδοσία διαρκούσε περίπου 5 ώρες και ελεγχόταν χειροκίνητα. Η διεργασία λειτουργούσε έτσι για πολλά χρόνια και εκατοντάδες παρτίδες είχαν προετοιμαστεί χωρίς πρόβλημα.

Αρχικά, κατά την τροφοδοσία NSA, η παρτίδα υπερθερμάνθηκε περίπου στους 50°C και η τροφοδοσία σταμάτησε. Τότε η παρτίδα ψύχθηκε στους 25 °C (πολύ χαμηλή θερμοκρασία) και η προσθήκη NSA ξαναεκίνησε. Όταν ολοκληρώθηκε η προσθήκη NSA, η θερμοκρασία της παρτίδας δε μπορούσε να ελεγχθεί με τη διαθέσιμη ψύξη και ξεπέρασε τη μέγιστη θερμοκρασία που μπορούσε να καταγραφεί από το όργανο μέτρησης θερμοκρασίας. Ο αντιδραστήρας υπερπλήστηκε από την ανεξέλεγκτη αντίδραση και εξερράγη. Το κατώτερο τμήμα του αντιδραστήρα αποκολλήθηκε από τα στηρίγματά του και εκσφενδονίστηκε στο πάτωμα του κτιρίου. Ο αναδευτήρας του αντιδραστήρα προσγειώθηκε στην οροφή και η κορυφή του αντιδραστήρα βρέθηκε 150 m μακριά. Ευτυχώς κανένας δεν τραυματίστηκε. Το άμεσο κόστος ήταν πάνω από 2 εκ. αγγλικές λίρες.

Πηγή: Partington and Waldram, *ICHEME Symposium Series*, No. 148, pp. 81-93, 2001.

Καταστροφές από άλλες ανεξέλεγκτες αντιδράσεις

Jacksonville, Florida, 2007



Morganton, North Carolina, 2006



Το γνωρίζετε;

- Ο ρυθμός των περισσότερων εξώθερμων χημικών αντιδράσεων αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας και μειώνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες. Αν η θερμοκρασία αντίδρασης είναι υπερβολικά χαμηλή, η αντίδραση θα είναι πιο αργή και το υλικό που δεν έχει αντιδράσει θα συσσωρευτεί στον αντιδραστήρα. Αν η θερμοκρασία αντίδρασης αυξηθεί, το υλικό που δεν αντέδρασε θα είναι διαθέσιμο να αντιδράσει. Αν υπάρχει αρκετό τέτοιο υλικό, η ενέργεια που ελευθερώνεται μπορεί να υπερβεί την ικανότητα ψύξης του αντιδραστήρα.
- Σε υψηλές θερμοκρασίες, μπορεί να προκύψουν χημικές αντιδράσεις όπως αντιδράσεις αποσύνθεσης, που δεν θα συνέβαιναν στην επιθυμητή θερμοκρασία αντίδρασης. Αυτές οι αντιδράσεις, μπορεί να ελευθερώσουν περισσότερη ενέργεια και τα προϊόντα τους μπορεί να περιλαμβάνουν αέρια που μπορούν να δημιουργήσουν υψηλή πίεση σε έναν αντιδραστήρα.
- Σε αυτό το συμβάν, πιστεύεται ότι περίπου το 30% του NSA που δεν αντέδρασε, συσσωρεύτηκε μέσα στον αντιδραστήρα κατά τη διάρκεια που η παρτίδα ήταν πολύ κρύα. Εργαστηριακές μελέτες και προσομοιώσεις έδειξαν ότι αυτή η συσσώρευση μπορεί να μην είναι ικανή για να προκαλέσει μια ανεξέλεγκτη αντίδραση. Μια άλλη πηγή θερμότητας, όπως διαρροή ατμού στο περίβλημα του αντιδραστήρα, μπορεί να ήταν ικανή. Ωστόσο, η διαθέσιμη ενέργεια από το NSA που δεν αντέδρασε, έκανε τον αντιδραστήρα πιο ευαίσθητο σε μια ανεξέλεγκτη αντίδραση, αν υπήρχαν άλλες πηγές θερμότητας.
- Είναι σημαντικό να διασφαλίσουμε ότι τα συστήματα αντιδράσεων είναι σε καλή κατάσταση λειτουργίας, από τη στιγμή που ο εξοπλισμός θα εμφανίσει διαρροή και άλλες δυσλειτουργίες μπορούν να προκαλέσουν ή να συνεισφέρουν σε συμβάντα με χημικές αντιδράσεις.

Τι μπορούμε να κάνουμε;

- Να γνωρίζουμε ποιες από τις αντιδράσεις μας είναι εξώθερμες και μπορεί να γίνουν ανεξέλεγκτες αν τα αντιδρώντα υλικά συσσωρευτούν. Κάποια παραδείγματα περιλαμβάνουν πολυμερισμό, νίτρωση, αντίδραση με θείο, οξειδωση και εξουδετέρωση.
- Να γνωρίζουμε ότι, για πολλές αντιδράσεις, δεν είναι κρίσιμο για την ασφάλεια μόνο το ανώτερο όριο της θερμοκρασίας, αλλά επίσης και το κατώτερο όριο. Η υπερβολική ψύξη σ' έναν αντιδραστήρα έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση υλικού που δεν αντέδρασε, το οποίο μπορεί να προκαλέσει μια ανεξέλεγκτα υψηλή θερμοκρασία αργότερα.
- Να κατανοούμε τις συνέπειες της παραβίασης των κρίσιμων παραμέτρων ασφάλειας - θερμοκρασία, πίεση, ροή, ανάμιξη, ή οτιδήποτε είναι κρίσιμο στη δική μας διεργασία. Να αντιλαμβανόμαστε τις συνέπειες της παρέκκλισης, τόσο στα υψηλά όσο και στα χαμηλά επίπεδα και να γνωρίζουμε τί ενέργειες να κάνουμε αν συμβεί μια παρέκκλιση.
- Αν δεν έχουμε χημικές αντιδράσεις στο εργοστάσιό μας, να γνωρίζουμε ότι η χαμηλή θερμοκρασία, μπορεί επίσης να προκαλέσει προβλήματα. Για παράδειγμα, τα υγρά μπορεί να παγώσουν ή να γίνουν παχύρρευστα, ή τα στερεά να καθιζάνουν σε ένα διάλυμα.

Μπορεί η διεργασία μας να είναι ψυχρή αλλά να μην είναι ασφαλής!