

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI**

Ing. BANHAZI (PUPĂZAN) GABRIELA

**TEZĂ DE
DOCTORAT**
- REZUMAT -

**CERCETĂRI PRIVIND POSIBILITĂȚILE DE TESTARE
ȘI IMPLEMENTARE A PROTECȚIEI LA EXPLOZIE
PENTRU ECHIPAMENTE DE MARI DIMENSIUNI**

Conducător științific: *prof. univ. dr. ing. RADU SORIN MIHAI*

PETROȘANI

-2022-

CUPRINS

INTRODUCERE	4
CAPITOLUL 1 Cerințe pentru echipamentele tehnice destinate în spații cu risc de explozie	10
1.1 Aspecte legislative referitoare la utilizarea echipamentului tehnic în contextul riscului de explozie	10
1.2. Surse de inițiere a exploziilor și mecanisme ale proceselor de ardere ..	16
1.3. Protecția la explozie a echipamentului tehnic	17
1.4. Concluzii.....	24
1.5. Contribuții personale	24
CAPITOLUL 2 Considerații privind studiul cerințelor de securitate pentru echipamentele presurizate de mari dimensiuni	25
2.1. Generalități.....	25
2.2. Principiul tipului de protecție.....	25
2.3. Condiții privind construcția carcaselor presurizate.....	26
2.4. Domeniul de temperatură.....	29
2.5. Prevederi de securitate și dispozitive de securitate	30
2.6. Cerințe privind securitatea și dispozitivele necesare la presurizarea statică	32
2.7. Studiul cerințelor de încercare pentru echipamentele presurizate.....	32
2.8. Algoritm pentru funcționarea presurizării.....	35
2.9. Stabilirea punctelor de prelevare amestec	39
2.10. Aspecte cu privire la încercarea echipamentelor de mari dimensiuni protejate prin carcasă/cameră presurizată	40
2.11. Procedură de încercare a carcaselor presurizate de mari dimensiuni ..	41
2.12. Concluzii	42
2.13. Contribuții personale	42
CAPITOLUL 3 Simularea proceselor de diluție în incintele presurizate	44
3.1. Metoda și descrierea CFD	44
3.2. Etapele de încercare conform cerințelor tipului de protecție	61
3.3. Model de simulare a proceselor de diluție specifice încercărilor de umplere și purjare pentru incintele presurizate.....	64
3.4. Rezultate ale simulării proceselor de diluție specifice încercărilor de umplere și purjare pentru incintele presurizate.....	67
3.5. Puncte critice	69
3.6. Descrierea sistemului pe care s-a rulat simularea și timpul necesar pentru simulare	70
3.7. Concluzii	70
3.8. Contribuții personale	71
CAPITOLUL 4 Încercări de laborator specifice tipului de protecție.....	73
4.1. Descrierea standului de încercare.....	73
4.2. Aspecte specifice ale procesului de încercare	82

Cercetări privind posibilitățile de testare și implementare a protecției la explozie
pentru echipamente de mari dimensiuni

4.3. Procedura de încercare	89
4.4. Rezultatele încercărilor	91
4.5. Concluzii	103
4.6. Contribuții personale.....	103
CAPITOLUL 5 Concluzii și contribuții personale.....	105
5.1. Concluzii	105
5.2. Contribuții personale.....	107
BIBLIOGRAFIE	109
ANEXE	

IMPORTANȚA ȘI NECESITATEA TEMEI. OBIECTIVELE ȘI STRUCTURA TEZEI

Riscurile de explozie pot să apară în toate activitățile în care sunt implicate substanțe inflamabile. Acestea pot include multe din materiile prime, produse intermediare, produse finale și deșeuri din procesul obișnuit de producție. Practic toate ramurile sunt afectate, pentru că pericolele datorate atmosferelor explozive apar într-o gamă largă de procese și operații.

Echipamentul tehnic de mari dimensiuni destinat utilizării în spații în care substanța combustibilă sub formă de gaze, vapori, cețuri este prezentă dar nu continuu, poate fi protejat la explozie eficient prin tipul de protecție carcase presurizate.

Funcționarea echipamentelor electrice protejate prin tipul de protecție carcase presurizate în spații cu pericol de atmosferă explozivă implică menținerea regimului de suprapresiuni și diluții impuse de utilizarea tipului de protecție carcase presurizate „p” [59].

Abordarea unui posibil scenariu al unei explozii, simularea și analiza calculată a dispersiei substanțelor periculoase (toxice sau explozive) eliberate în mediu în urma unui potențial eveniment este necesar pentru a evidenția consecințele posibile.

Utilizarea programelor de simulare pentru înțelegerea unor fenomene și determinarea parametrilor esențiali este des întâlnită în toate industriile indiferent de natura serviciilor prestate. Simulările computerizate sunt utilizate în fazele de proiectare, producție, transport cât și în faza de funcționare pentru optimizarea proceselor pe de o parte, dar și pentru a descoperi, pe baza unor scenarii bine argumentate, informații valoroase privind efectele proceselor fizice analizate.

Utilizarea simulărilor computerizate oferă avantaje certe în înțelegerea fenomenelor și analiza parametrilor ce au influență în decursul unui proces complex.

Astfel de simulări de calcul pot fi folositoare pentru măsuri proactive și predictive de creștere a nivelului de securitate și sănătate în muncă pentru activitățile evaluate. În acest sens, rezultatele simulărilor computerizate pot fi integrate în elaborarea planurilor de răspuns la situații de urgență, ce vizează reducerea la minimum a efectelor periculoase ale emisiilor de gaze toxice/explozive asupra muncitorilor și a atmosferei înconjurătoare.

Un pachet de programe utilizat în analiza fenomenelor generate de explozii și consecințele acestora este software-ul CFD (Computational Fluid Dynamics).

Metoda simulării CFD devine din ce în ce mai utilizată în modelarea sistemelor care includ curgerea fluidelor din multe domenii. Codurile CFD fac posibilă rezolvarea numerică a transportului fluidelor, bilanțurilor de masă și energie în sisteme cu geometrie foarte complicate. Rezultatele obținute prezintă modele deosebite ale curgerii și transferului ce sunt greu de obținut experimental sau prin metode de modelare convenționale.

Utilizarea mediilor de analiza numerică CFD în cadrul cercetării conformității echipamentelor cu tip de protecție carcasă presurizată, permite determinarea parametrilor importanți cum ar fi: distribuția presiunii și câmpului de viteze în interiorul carcasei; determinarea liniilor de curgere ale curentului generat de alimentare și mulți alți parametri.

Cercetări privind posibilitățile de testare și implementare a protecției la explozie
pentru echipamente de mari dimensiuni

Acest fapt permite evaluarea performanței echipamentului studiat fără cheltuieli considerabile, cu efort minim și maximă operativitate.

În mediile industriale în care se procesează, transportă sau depozitează substanțe inflamabile și/sau combustibile este probabilă prezența unei atmosfere explozive, existând astfel pericolul de explozie.

Atunci când nici o metodă nu poate descrie un fenomen periculos, evaluarea riscurilor și optimizarea măsurilor de siguranță devin o misiune greu de îndeplinit.

Prin analizele computerizate, cunoștințele retrospective pot fi transformate cu succes în acțiuni de perspectivă.

Obiectivele tezei

Cercetările efectuate în vederea elaborării prezentei lucrări au vizat câteva obiective esențiale:

- Evidențierea reglementărilor pentru utilizarea echipamentelor tehnice în atmosfere explozive;
- Studiul cerințelor de securitate privind protecția la explozie pentru echipamentele presurizate de mari dimensiuni care funcționează în medii potențial explozive;
- Analiza cerințelor pentru încercarea echipamentelor de mari dimensiuni protejate prin carcasă presurizată;
- Simularea proceselor de diluție în incintele presurizate prin utilizarea tehnicilor CFD (Computational Fluid Dynamics);
- Încercarea în condiții reale specifice tipului de protecție carcasă presurizată.

Activități de cercetare desfășurate în cadrul tezei

În scopul atingerii obiectivelor propuse în cadrul tezei au fost desfășurate următoarele activități de cercetare:

- Prezentarea aspectelor legislative referitoare la utilizarea echipamentului tehnic în contextul riscului de explozie;
- Analiza surselor de inițiere a exploziilor și mecanismele proceselor de ardere, precum și protecția la explozie a echipamentului tehnic;
- Prezentarea tipurilor de protecție pentru echipamentele tehnice utilizate în atmosfere potențial explozive dar și principiile care stau la baza protecției la explozie;
- Prezentarea cerințelor de securitate pentru echipamentele presurizate de mari dimensiuni;
- Evidențierea încercărilor specifice de tip pentru echipamentele presurizate;
- Analiza algoritmului pentru funcționarea presurizării și realizarea logigramei;
- Realizarea proiectului ediției revizuite a procedurii de testare cu detalierea etapelor pentru identificarea punctelor de prelevare a concentrațiilor prin simulare CFD (Computational Fluid Dynamics);
- Descrierea modelului de simulare a proceselor de diluție specifice încercărilor de umplere și purjare pentru incintele presurizate;
- Sinteza rezultatelor simulării proceselor de diluție specifice încercărilor de

Cercetări privind posibilitățile de testare și implementare a protecției la explozie
pentru echipamente de mari dimensiuni

umplere și purjare pentru incintele presurizate;

- Descrierea sistemului de calcul pe care s-a rulat simularea și timpul necesar pentru simulare;
- Descrierea standului de încercare și a echipamentului presurizat încercat;
- Analiza rezultatelor încercărilor.

Structura tezei

• Teza are un total de 193 de pagini și este organizată în 4 capitole, Introducerea, un capitol Concluzii și contribuții personale, Bibliografia și 4 Anexe.

• Primul capitol, intitulat *Cerințe pentru, echipamentele tehnice destinate în spații cu risc de explozie*, este un rezumat al conceptelor fundamentale de prevenire a exploziilor și de protecție la explozie a echipamentelor tehnice, precum și al reglementărilor în vigoare privind echipamentele, sistemele și dispozitivele de protecție destinate utilizării în atmosfere potențial explozive.

• Tot în acest capitol a fost evidențiat principiul tipului de protecție la explozie al echipamentului, precum și cerințele pentru selecția echipamentelor în concordanță cu categoria și nivelul de protecție.

• Al doilea capitol denumit, *Considerații privind studiul cerințelor de securitate pentru echipamentele presurizate*, tratează principiul tipului de protecție "p" și a cerințelor constructive pentru carcase presurizate și pentru echipamentele presurizate de mari dimensiuni. Totodată au fost descrise și aspectele cu privire la încercarea echipamentelor de mari dimensiuni protejate prin carcasă presurizată.

• A fost prezentată dinamica stărilor specifice funcționării presurizării.

• Realizarea proiectului ediției revizuite a procedurii de testare *Procedură de încercare a carcaselor presurizate de mari dimensiuni* cu detalierea etapelor pentru identificarea prin simulare CFD (Computational Fluid Dynamics) a punctelor de prelevare a gazului pentru determinarea concentrațiilor.

• Capitolul al treilea, *Simularea proceselor de diluție în incintele presurizate*, prezintă etapele de încercare conform cerințelor tipului de protecție și a standardului în vigoare.

• Prin utilizarea tehnicii CFD de simulare s-a realizat procesul de umplere, purjare și de evidențiere a punctelor critice (în care concentrația gazului de încercare ajunge ultima dată la valoarea prescrisă de procedura de încercare).

• S-au stabilit etapele de efectuare a simulărilor pentru echipamentele protejate prin carcase presurizate și pentru camerele protejate prin presurizare.

• S-au stabilit condițiile la limită și parametrii de simulare.

• Al patrulea capitol, *Încercări în condiții reale specifice tipului de protecție*, prezintă sintetiza și rezultatele încercărilor.

• S-a descris componența standului de încercare și eșantionul încercat.

• A fost utilizat un model de clasificare a punctelor de măsură bazat pe metrica timpilor de purjare prin care au fost evidențiate punctele critice pentru cazul purjării după

Cercetări privind posibilitățile de testare și implementare a protecției la explozie
pentru echipamente de mari dimensiuni

umplerea cu dioxid de carbon și respectiv după umplerea cu heliu.

- S-a prezentat și utilizat un model de determinare indirectă a concentrației gazului de încercare prin utilizarea valorii concentrației oxigenului.
- A fost prezentat modelul de variație a indicației concentrației de oxigen ca urmare a influenței factorilor de mediu, presiune și temperatură.
- A fost prezentată o alternativă la măsurarea prin intermediul concentrației de oxigen bazată pe utilizarea gazelor de încercare care conțin un aditiv. Cu această ocazie s-a analizat distribuția valorilor logaritmului zecimal al domeniului de valori și distribuția valorilor logaritmului zecimal al rezoluției de valoare;
- În ultimul capitol, **Concluzii și contribuții personale**, au fost prezentate și posibile direcții viitoare de cercetare.

CAPITOLUL 1

CERINȚE PENTRU ECHIPAMENTELE TEHNICE DESTINATE ÎN SPAȚII CU RISC DE EXPLOZIE

Sistemele protectoare și echipamentele pot „fi introduse pe piață și/sau puse în funcțiune numai în cazul în care nu pun în pericol sănătatea și siguranța persoanelor sau, după caz, a animalelor domestice sau a bunurilor, atunci când sunt instalate, întreținute și utilizate în mod corespunzător pentru scopul propus” [33].

Atmosfere explozive particularități, formare și clasificare

În condițiile de funcționare a instalațiilor și echipamentelor care utilizează gaze inflamabile, nu poate fi exclusă a priori posibilitatea formării de nor(i) (amestecuri) inflamabil(e) sub formă de dispersie fină de gaze.

Norii explozibili, în urma contactului direct cu sursele de aprindere, generează explozii. Aceste explozii, care se produc în fracțiuni de secundă, degajă o mare cantitate de căldură și, în același timp, generează flăcări care provoacă incendii, temperaturi ridicate, creșteri ametoitoare de presiune, fronturi de șoc, etc.

Atmosferele explozive sunt amestecuri de substanțe inflamabile cu aer sub formă de dispersii fine de gaze în condiții atmosferice normale, în care, după aprindere, combustia se propagă violent (exploziv) de la sursa de inițiere la întregul volum al amestecului.

În reacțiile de inițiere, se formează radicali liberi care generează lanțuri primare. Dacă seria de reacții elementare conduce la formarea mai multor radicali liberi decât cei prezenți inițial, se formează noi lanțuri, lanțul se ramifică și reacția se accelerează.

Explozia este o reacție exotermă extrem de rapidă, datorată ramificării lanțului. Reacția de ramificare în lanț poate fi de două tipuri: lanțuri lungi cu ramificări rare și lanțuri cu ramificare continuă, când ramificarea are loc la fiecare ciclu.

Cercetări privind posibilitățile de testare și implementare a protecției la explozie pentru echipamente de mari dimensiuni

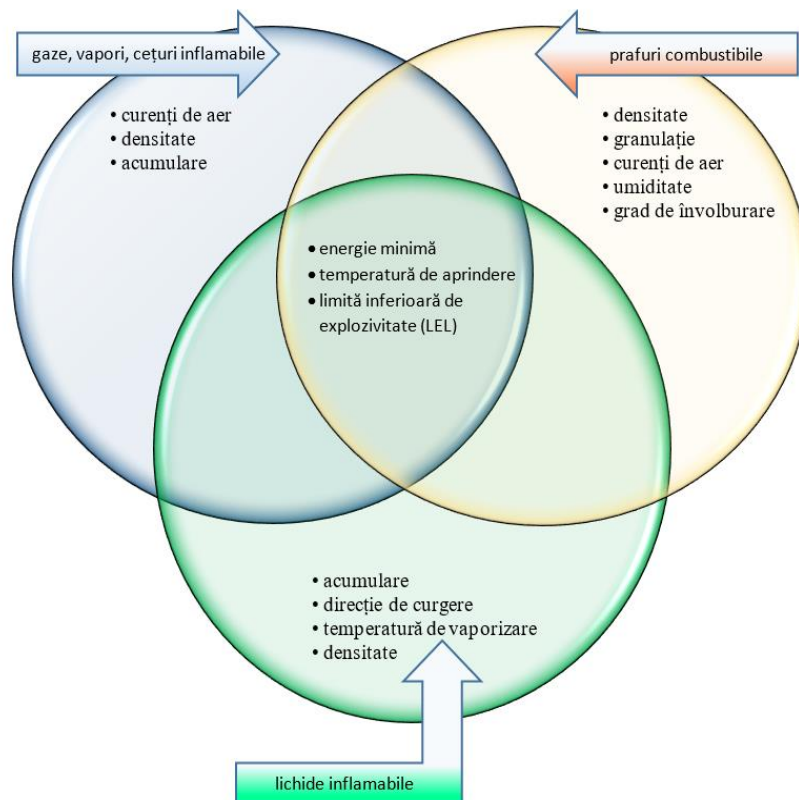


Figura Error! Use the Home tab to apply Titlu 1 to the text that you want to appear here..1 Factori de influență în fenomenele de aprindere

Protecția la explozie [15] cumulează măsurile specifice, în special constructive, care aplicate echipamentelor electrice sau neelectrice le fac eligibile pentru utilizarea în atmosfere în care pot apărea substanțe inflamabile [64].

Tipul de protecție se bazează pe asigurarea suprapresiunii cu un gaz de protecție în interiorul unei incinte. În funcție de particularitățile funcționale a echipamentului protejat se poate opta pentru circulația continuă a gazului de protecție sau prin compensarea pierderilor. Nivelurile de protecție asigurate de acest tip de protecție sunt *pxb*, *pyb* și *pzc*. Acest tip de protecție este aplicabil în general echipamentelor de mari dimensiuni, dar nu numai, pentru atmosfere de gaze, vapori și prafuri inflamabile.

Niveluri de protecție împotriva exploziilor

Protecția împotriva exploziilor are ca scop prevenirea aprinderii atmosferelor explozive, adică prevenirea surselor potențiale de aprindere și limitarea generării de atmosfere explozive prin măsuri de protecție (izolare, suprimare și limitare constructivă).

Măsurile de protecție au ca scop reducerea la un nivel acceptabil a probabilității ca echipamentele tehnice (electrice și neelectrice) să devină o sursă de aprindere.

În cazul în care echipamentele electrice urmează să fie instalate în zone în care în atmosferă pot fi prezente concentrații și cantități periculoase de gaze, vapori, ceață sau praf inflamabil, trebuie aplicate măsuri de protecție pentru a reduce probabilitatea unei explozii datorate aprinderii arcului electric, scânteilor sau suprafețelor fierbinți produse fie în timpul

funcționării normale, fie în condiții de defecțiune specifice.

Protecția prin presurizare este justificată numai dacă este coordonată cu extragerea căldurii rezultate din pierderile de energie ale echipamentului electric instalat. O incintă care are nevoie de protecția la explozie este purjată cu gaz inert. Astfel se clădește o suprapresiune care se menține în timpul funcționării. Această suprapresiune împiedică intrarea în incintă a gazelor și a vaporilor explozibili din mediul înconjurător (presurizarea cu compensarea pierderilor).

CAPITOLUL 2

CONSIDERAȚII PRIVIND STUDIUL CERINȚELOR DE SECURITATE PENTRU ECHIPAMENTELE PRESURIZATE DE MARI DIMENSIUNI

Soluția constructivă a acestui tip de protecție p , constă în separarea surselor de aprindere de atmosfera potențial explozivă prin menținerea unei presiuni superioare, în interiorul carcasei, prin intermediul unui gaz de protecție (gaz inert sau aer).

Acest tip de protecție este împărțit în trei nivele de protecție (pxb, pyb și pzc) care au corespondență EPL (Equipment Protection Level) adecvat zonei clasificate unde se dorește instalarea (Mb, Gb sau Gc), dar și dacă în interiorul carcasei există sau nu o degajare, pe de o parte și dacă aparatura din interior poate iniția sau nu aprinderea atmosferei clasificate Ex.

Dacă în funcționare normală este posibil să apară presiuni ce pot provoca o deformare a conductelor, carcasei, dacă există sau părților de conectare, trebuie să fie prevăzute cu un dispozitiv corespunzător de siguranță pentru a limita suprapresiunea maximă internă la o valoare inferioară celei care ar putea afecta negativ tipul de protecție. Dacă producătorul nu asigură acest dispozitiv de siguranță, aparatura trebuie marcată cu „X” și documentația de descriere trebuie să conțină toate informațiile necesare cerute de utilizator pentru a asigura conformitatea cu cerințele din [59].

Deschiderile și pereții despărțitori ar trebui să fie amplasate astfel încât să asigure o aerisire eficientă.

Zonele cu o diluție precară pot fi eliminate printr-o localizare adecvată a orificiului de intrare și de ieșire pentru gazul de protecție și prin luarea în considerare a efectului pereților despărțitori.

În cazul gazelor sau vaporilor mai grei decât aerul, orificiul de intrare pentru gazul de protecție trebuie să fie amplasat aproape de partea superioară a carcasei presurizate, iar orificiul de ieșire aproape de partea inferioară a carcasei.

Pentru gazele sau vaporii mai ușori decât aerul, intrarea gazului de protecție trebuie să fie situată aproape de partea inferioară a carcasei presurizate, cu ieșirea aproape de partea superioară a carcasei.

Amplasarea orificiilor de intrare și de ieșire pe laturile opuse ale carcasei facilitează ventilația încrucișată.

Toate dispozitivele de securitate (cu excepția presurizării statice) ce sunt folosite

Cercetări privind posibilitățile de testare și implementare a protecției la explozie
pentru echipamente de mari dimensiuni

pentru minimizarea riscului de aprindere și inițiere a unei explozie a echipamentului electric presurizat este necesar să fie cu tip de protecție adecvat utilizării sau să fie instalat în zonă neclasificată Ex.

Dispozitivele de securitate trebuie asigurate de producătorul aparatului sau de utilizator. Dacă producătorul nu asigură dispozitivele de securitate, aparatul trebuie marcată cu „X” iar documentele descriptive trebuie să conțină toate informațiile necesare cerute de utilizator pentru a se asigura conformitatea cu cerințele de securitate.

Toate dispozitivele de securitate utilizate pentru a preveni ca aparatul electrică, protejată prin presurizare statică, să producă o explozie trebuie ele însele să nu fie capabile să producă o explozie și, dacă dispozitivul de securitate este cu acționare electrică, acesta trebuie protejat prin unul din tipurile de protecție recunoscute în [64] sau trebuie instalat în exteriorul ariei periculoase.

Gazul de protecție trebuie să fie inert. Concentrația de oxigen după umplerea cu gaz inert trebuie să fie ai mică de 1 % pe volum. Nu sunt permise surse interne de degajare.

Studiul cerințelor de încercare pentru echipamentele presurizate

Încercările de tip pentru echipamentele presurizate

a) Încercarea de purjare pentru carcase presurizate fără nicio sursă internă de degajare și încercarea de umplere pentru presurizarea statică.

Carcasă presurizată unde gazul de protecție este aerul

Carcasa presurizată se pregătește pentru încercare așa cum se descrie în [3]. Carcasa presurizată se umple cu gaz până când în orice punct interior concentrația este egală sau mai mare de 70%. După realizarea operațiunii de umplere, se oprește introducerea gazului de protecție și se introduce aer cu debitul minim indicat de producător pentru realizarea purjării. Timpul necesar până când nu mai există niciun punct de prelevare în care să existe o concentrație de gaz de încercare peste cea specificată adică:

- o valoare echivalentă cu 25 % din cea mai defavorabilă valoare la limita inferioară de inflamabilitate (LFL - Low Flammable Limit), atunci când se aplică încercări pentru gazele inflamabile specifice;
- o valoare echivalentă cu 25 % din LFL, atunci când este cuprins un singur gaz inflamabil specific;
- 1 % pentru încercarea cu heliu și 0,25 % pentru încercarea cu argon sau bioxid de carbon atunci când sunt cuprinse toate gazele inflamabile, trebuie măsurat și notat ca timp de purjare.

Dacă este necesară o a doua încercare, carcasa presurizată trebuie umplută cu un al doilea gaz de încercare, reprezentând o valoare opusă a domeniului de densitate, la o concentrație de cel puțin 70 % în orice punct și trebuie măsurat timpul de purjare pentru a doua încercare. Durata minimă de purjare specificată de producător nu trebuie să fie mai mică decât timpul de purjare măsurat, sau mai mare decât cele două durate de purjare măsurate atunci când se efectuează două încercări.

Încercările reprezintă o etapă complementară față de evaluare în procesul de

Cercetări privind posibilitățile de testare și implementare a protecției la explozie
pentru echipamente de mari dimensiuni

certificare a echipamentului protejat prin carcasă/cameră presurizată.

Scopul încercărilor este acela de evidențiere practică a conformării cu cerințele de performanță cuprinse în standardul specific.

În funcție de metoda de presurizare aleasă pentru echipament sunt aplicabile anumite încercări de tip.

Echipamentele presurizate de mari dimensiuni se remarcă printr-un volum mai mare și un număr mare de particularități topologice.

Acest fapt, prin demersul tradițional, impune un număr mai mare de puncte de monitorizare a concentrației de gaz de încercare pentru fiecare etapă de încercare: umplere și purjare.

Numărul mai mare de puncte, conduce la un timp proporțional mărit pentru ciclul de măsură. Iar cu cât timpul ciclului de măsură crește, precizia de măsurare a timpului de purjare scade.

Pe baza acestor deficiențe a fost realizată o procedură pentru încercarea carcaselor presurizate de mari dimensiuni.

În cadrul acestei proceduri se apelează la metode de simulare computerizată pentru scopul determinării punctelor critice.

Aceste puncte critice sunt acele regiuni din interiorul echipamentului presurizat care ajung ultima dată la concentrația prestabilă.

Ulterior se apelează la încercarea în premise reale, care presupune monitorizarea concentrațiilor în punctele critice.

În procesul de încercare în premise reale, punctele în care se va face monitorizarea concentrației gazului de încercare sunt tocmai punctele critice determinate anterior prin procesele de simulare.

Fără utilizarea metodelor de simulare a proceselor de umplere și purjare, încercările în premise reale asupra echipamentului presurizat devin foarte greoaie din cauza multor puncte de monitorizare necesare.

Prin utilizarea metodelor de simulare se reduce subiectivitatea în stabilirea punctelor de monitorizare a concentrației, chiar dacă aceasta se bazează pe o experiență practică în domeniu.

Pentru monitorizarea (indirectă) concentrațiilor de gaz de încercare se utilizează în mod curent analizorul de oxigen.

Procesul de determinare indirectă a concentrației de gaz de încercare pe baza indicației analizorului de oxigen, presupune un model matematic care crește incertitudinea de măsurare. Astfel, în cadrul procedurii a fost introdusă și metoda de determinare a incertitudinii pentru concentrațiile măsurate indirect.

De asemenea, a fost introdusă o alternativă la determinarea indirectă a concentrației de gaz de încercare cu titlu informativ.

Procedura de încercare a carcaselor presurizate de mari dimensiuni, realizată este prezentată în Anexa 1.

CAPITOLUL 3

SIMULAREA PROCESELOR DE DILUTIE ÎN INCINTELE PRESURIZATE

Mecanica computațională a fluidelor (MFC) sau dinamica computerizată a fluidelor, este o ramură a mecanicii fluidelor care se bazează pe algoritmi, metode numerice și sisteme de calcul pentru a modela și rezolva probleme de curgere a fluidelor.

Simularea procesului de încercare urmărește etapele de efectuare a încercărilor de tip pentru echipamentele protejate prin carcase presurizate și pentru camerele protejate prin presurizare.

Model de simulare a proceselor de diluție specifice încercărilor de umplere și purjare pentru incintele presurizate

Luând în considerare aceste aspecte se evidențiază utilitatea procesului de simulare a încercării de umplere și purjare prin utilizare tehnicilor computerizate.

Prin utilizarea simulării, prin tehnica CFD, a procesului de umplere și purjare se permite evidențierea punctelor critice. În aceste puncte critice, concentrația gazului de încercare ajunge ultima dată la valoarea prescrisă de procedura de încercare.

Evidențierea acestor puncte critice aduce, cu sine, avantajul reducerii la minim a numărului de puncte de măsură. Aceasta constituie premisa determinării cu precizie a timpului de umplere și totodată posibilitatea determinării cu precizie a timpului de purjare.

Luând în considerare complementaritatea densităților gazelor de încercare, dioxid de carbon și heliu respectiv argon și heliu, se poate aprecia că punctul critic la umplere pentru încercarea cu gazul mai dens este punct critic pentru încercarea de purjare cu gazul mai puțin dens și viceversa.

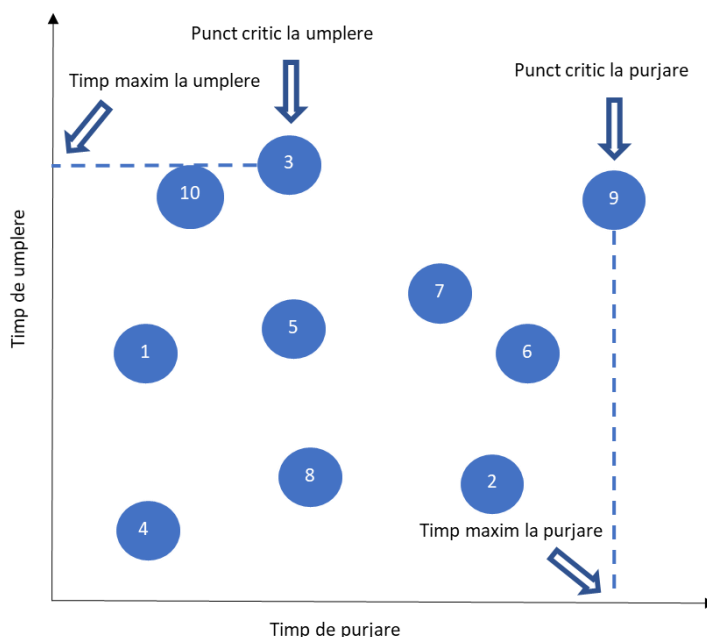


Figura *Error! Use the Home tab to apply Titlu 1 to the text that you want to appear here.* 2 Puncte critice

CAPITOLUL 4

ÎNCERCĂRI DE LABORATOR SPECIFICE TIPULUI DE PROTECȚIE

Configurația standului de încercare permite efectuarea următoarelor încercări:

- Încercarea la suprapresiune maximă;
- Încercarea la pierderi;
- Încercarea de purjare pentru carcase presurizate fără nici o sursă internă de degajare și încercarea de umplere pentru presurizare statică;
- Încercări de purjare și diluție pentru o carcasă presurizată cu o sursă internă de degajare;
- Verificarea suprapresiunii minime;
- Încercarea la suprapresiune pentru un sistem recipient cu degajare limitată.

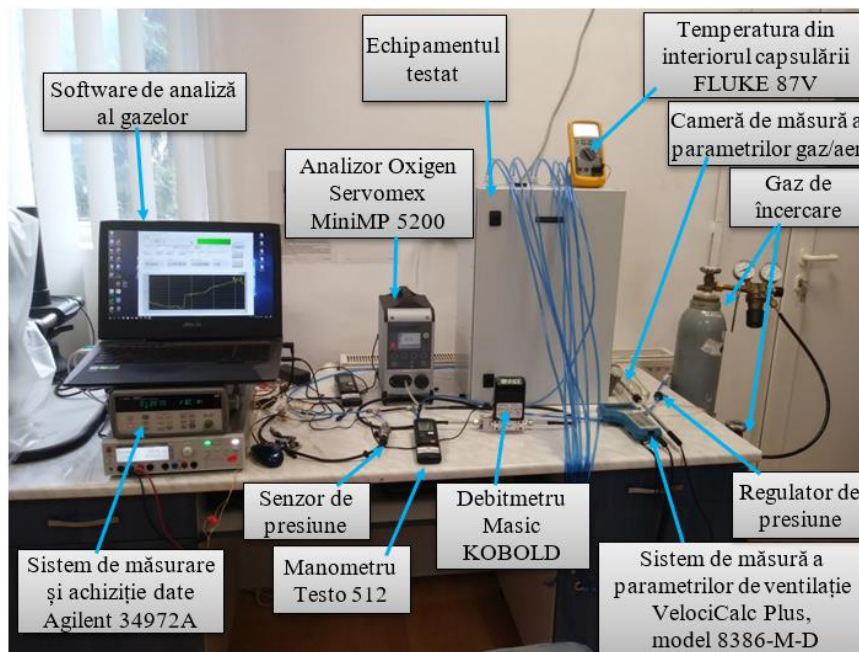


Figura Error! Use the Home tab to apply Titlu 1 to the text that you want to appear here..1 Configurație stand de încercare

Concentrația gazului este măsurată cu ajutorul unui analizor de oxigen (Servomex, Tip MiniMP 5200 pentru O₂), a unui senzor de presiune (SIEMENS, Tip 7MF 1565-3BA10-4AA1), a unui debitmetru (KOBOLD, MAS -3008C2) și a unui manometru (Testo 512, 0-2000 mbar). Pentru achiziția și măsurarea datelor s-a folosit un software LabView, pregătit în acest scop.

Punctul critic în echipamentul încercat a fost selectat folosind o valoare corespunzătoare distanței metrice până la origine pentru fiecare punct considerat într-un sistem de coordonate având ca valori pentru axe cei trei timpi de purjare.

Cercetări privind posibilitățile de testare și implementare a protecției la explozie pentru echipamente de mari dimensiuni

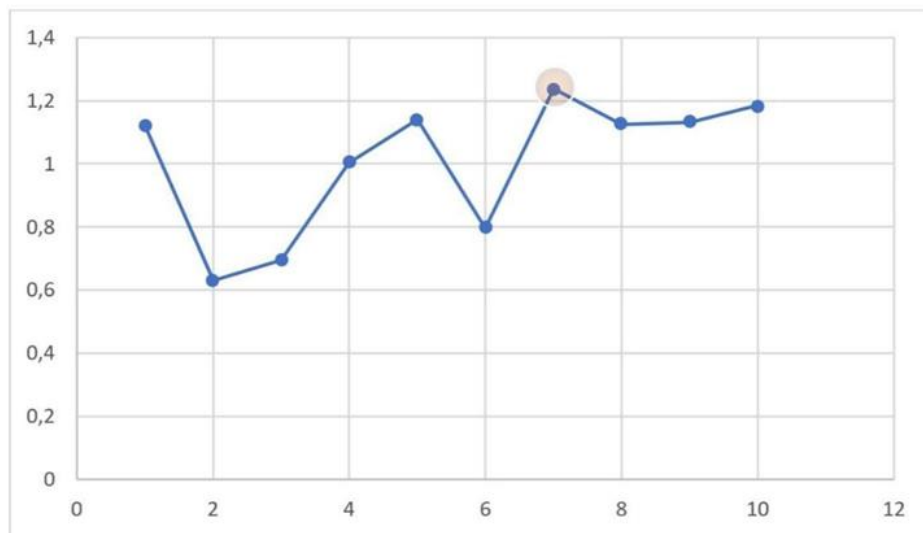


Figura 4.16 Graficul metricii pentru CO₂ în funcție de indexul punctului analizat.

Pentru determinarea concentrației gazelor de încercare se utilizează modelul teoretic rezultat din bilanțul concentrațiilor substanțelor gazoase care sunt prezente în incinta carcasei echipamentului pe parcursul derulării încercării de purjare.

CAPITOLUL 5 CONCLUZII ȘI CONTRIBUȚII PERSONALE

Concluzii

Specificațiile detaliate în termenii obiectivelor cu privire la îndeplinirea practică a cerințelor esențiale trebuie utilizate ca și ghid pentru utilizatorii de echipamente și sisteme protectoare și componente cuprinse în standardele de referință.

Starea de agregare a substanțelor inflamabile induc particularități diferite atmosferelor explozive generate.

Datorită spectrului diferit de cerințe constructive și funcționale, tipurile de protecție prezintă diferite afinități pentru rolurile funcționale ale echipamentelor.

Tipurile de protecție prezintă grade diferite de adecvare pentru atmosferele explozive. Astfel, unele pot fi utilizate numai în atmosfere de gaze, vapori și cețuri, altele numai pentru atmosfere explozive formate din prafuri, scame și fibre iar altele pentru amândouă.

Protecția la explozie prin carcasă/cameră presurizată este compatibilă și cu atmosfere cu praf inflamabil.

Dimensiunea mare a echipamentelor implică utilizarea tipului de protecție carcasă/cameră presurizată.

Performanța protecției la explozie, evidențiată prin nivelul de protecție respectiv categoria ATEX, asigurată prin carcasa presurizată este comparabilă cu cea asigurată de alte tipuri de protecție.

Dezavantajul energiei consumate pentru asigurarea protecției la explozie este

Cercetări privind posibilitățile de testare și implementare a protecției la explozie
pentru echipamente de mari dimensiuni

compensat de beneficiul protecției la explozie pentru echipamente de mari dimensiuni sau care au structură complexă, pentru care nu se poate aplica o alt tip de protecție la explozie.

Gazul de protecție pe lângă funcția de asigurare a presurizării poate fi folosit și pentru alte scopuri funcționale ale echipamentului, cum ar fi preluarea excesului de căldură (răcirea) produs de echipamentul protejat în timpul funcționării.

Prin încercările de competență inter-laboratoare a rezultat că performanța încercărilor specifice tipului de protecție carcasă presurizată asigurată în cadrul laboratorului este la nivelul practicii europene și internaționale;

Utilizarea punctelor critice, aduce cu sine, avantajul reducerii la minim a numărului de puncte de măsură. Acest fapt constituie premisa determinării cu precizie a timpului de purjare.

Odată cu dezvoltarea tehnicilor simulărilor CFD, au apărut avantajele pe care acestea le oferă și respectiv reducerea timpilor și a costurilor aferente noilor proiecte, posibilitatea de studiu a sistemelor cu condiții periculoase și dincolo de limitele normale de performanță, posibilitatea de studiu a sistemelor în care experimentele controlate sunt dificil sau imposibil de realizat precum și un nivel practic nelimitat al detaliilor rezultatelor.

Codurile CFD sunt structurate în jurul algoritmilor numerici ce pot aborda problemele de curgeri ale fluidelor. Aceste coduri conțin trei elemente principale: pre-procesorul, solverul și postprocesorul.

Dintre cele mai importante metode de soluționare numerică sunt: metoda diferențelor finite, metoda elementului finit și metoda volumului finit.

Realizarea unei simulări computerizate presupune existența: unor date de intrare a unui model matematic, a unei soluții numerice, selectarea variabilelor și a punctelor de monitorizare a acestora și postprocesarea rezultatelor.

Modelul matematic este alcătuit din: condițiile de frontieră și ecuațiile de guvernare ale curgerii fluidului. Modelul matematic pleacă de la caracteristicile constructive ale geometriei, iar definirea frontierelor este importantă în aplicațiile CFD, deoarece acestor suprafețe le sunt asociate datele de intrare.

Geometria, respectiv domeniul analizat, este divizată în elemente finite sau volume finite, creându-se o rețea de discretizare.

Ecuațiile de guvernare au la bază legile conservării masei, momentului și energiei, dar se aplică diferit pentru metoda elementului finit și metoda volumului finit.

Ecuațiile obținute pentru un volum finit fix în spațiu, în formă integrală sau diferențială parțială, se numește forma de conservare a ecuațiilor de guvernare.

Ecuațiile obținute din volumul finit care se mișcă împreună cu fluidul, în forma integrală sau diferențială parțială, se numește forma de neconservare a ecuațiilor de guvernare.

Dacă metoda elementelor finite rezolvă ecuațiile algebrice pentru nodurile rețelei de discretizare, metoda volumelor finite calculează aceste ecuații algebrice pentru punctele de centru ale celulelor, această ultimă metodă fiind adoptată și de aplicația Fluent.

Este necesară transpunerea ecuațiilor de guvernare într-un sistem de ecuații algebrice (liniarizare) care să poată fi rezolvat pentru fiecare nod al rețelei de discretizare (în cazul

Cercetări privind posibilitățile de testare și implementare a protecției la explozie
pentru echipamente de mari dimensiuni

elementelor finite).

Reducerea erorilor de discretizare poate fi rezolvată prin rafinarea rețelei de discretizare, deci creșterea numărului de noduri și implicit, a ecuațiilor sistemului algebric.

Datele de ieșire ale unei simulări computerizate sunt postprocesate pentru o valorificarea eficientă a rezultatelor și o vizualizare a acestora.

Ultima etapă constă în verificarea și validarea rezultatelor finale, prin comparație cu cele obținute din experimentele fizice.

Utilizarea tehnicii CFD de simulare a procesului de umplere și purjare s-a dovedit a fi eficientă pentru evidențierea punctelor critice (în care concentrația gazului de încercare ajunge ultima dată la valoarea prescrisă de procedura de încercare).

Încercările echipamentelor presurizate prezintă potențial de îmbunătățire, modernizare.

Utilizarea valorii concentrației de oxigen pentru determinarea indirectă a concentrației gazelor de încercare (He, Ar, CO₂) rămâne o metodă de referință.

Rezoluția valorii concentrației gazului de încercare utilizând măsurarea oxigenului, nu coboară sub aproximativ 0,05 % v/v.

Folosirea gazelor de încercare cu aditivi prezintă potențial de utilizare cel puțin la fel de eficientă ca metoda indirectă bazată pe măsurarea oxigenului.

În cazul repetării încercărilor, modelul distanței metrice a timpilor de purjare, constituie un mijloc eficient de clasificare a punctelor de măsură pentru scopul determinării punctelor critice.

Calculul incertitudinii de măsurare, prin bugetul de incertitudine a subliniat că parametrii de mediu: umiditatea relativă, temperatura ambiantă, presiunea atmosferică nu contribuie la incertitudinea de măsurare a concentrației, pentru cazul analizat.

Contribuții personale

Prezentarea reglementărilor aplicabile echipamentelor destinate utilizării în locații în care pot apărea substanțe inflamabile;

Analiza surselor de inițiere a exploziilor și mecanismele proceselor de ardere, precum și protecția la explozie a echipamentului tehnic.

Evidențierea principiilor de bază a tipurilor de protecție.

Evidențierea principiului tipului de protecție p și a cerințelor constructive pentru carcase presurizate și pentru echipamentele presurizate de mari dimensiuni.

Prezentarea limitelor de temperatură pentru tipul de protecție p și a cerințelor de securitate pentru echipamentele presurizate de mari dimensiuni.

Evidențierea încercărilor specifice de tip pentru echipamentele presurizate.

Prezentarea dinamicii stărilor de funcționare a presurizării prin logigrama și algoritmul pentru funcționarea presurizării.

Realizarea proiectului ediției revizuite a procedurii de încercare cu detalierea etapelor pentru identificarea punctelor de prelevare a concentrațiilor prin simulare CFD (Computational Fluid Dynamics).

Cercetări privind posibilitățile de testare și implementare a protecției la explozie
pentru echipamente de mari dimensiuni

Introducerea conceptului de punct critic, ca fiind punctul din interiorul geometriei care ajunge cel din urmă la valoarea prestabilită a concentrației. Utilizarea acestor puncte critice, în etapa de încercare în premise reale, contribuie la creșterea preciziei de determinare a timpilor de purjare dar și reducerea efortului impus de procesul de încercare.

Evidențierea importanței alegerii modelului matematic într-o rezolvare reușită a cazurilor de curgere a fluidelor și aportul fiecărei componente a modelului, respectiv a condițiilor de frontieră și a ecuațiilor de guvernare la rezultatele finale ale simulărilor.

Analiza procesului de liniarizare a ecuațiilor diferențiale parțiale, prin transpunerea acestora în ecuații algebrice și am arătat modul în care sunt obținute caracteristicile fluxului în noduri ale elementelor în cazul elementelor finite, respectiv în centre ale celulelor în cazul volumelor finite.

Prezentarea posibilității reducerii erorilor, pentru obținerea unor rezultate cu acuratețe superioară și necesitatea unei postprocesări pentru o vizualizare completă a problemei și rezultatelor acesteia, precum și etape ale verificării corectitudinii rezultatelor.

Prezentarea etapelor de încercare conform cerințelor tipului de protecție și a standardului în vigoare.

Stabilirea etapelor de efectuare a simulărilor pentru echipamentele protejate prin carcase presurizate și pentru camerele protejate prin presurizare.

Stabilirea condițiilor la limită și a parametrilor de simulare.

Evidențierea eficacității procesului de simulare pentru scopul identificării punctelor critice din carcasa presurizate.

Sintetizarea și prezentarea rezultatelor încercărilor în condiții reale.

Realizarea un model de clasificare a punctelor de măsură bazat pe metrica timpilor de purjare.

Aplicarea modelului de clasificare creat și evidențierea punctelor critice pentru cazul purjării după umplerea cu dioxid de carbon și respectiv după umplerea cu heliu.

Prezentarea modelului de determinare indirectă a concentrației gazului de încercare prin utilizarea valorii concentrației oxigenului.

Prezentarea modelului de variație a indicației concentrației de oxigen ca urmare a influenței factorilor de mediu, presiune și temperatură.

Prezentarea unei alternative la măsurarea prin intermediul concentrației de oxigen bazată pe utilizarea gazelor de încercare care conțin un aditiv. Pentru această situație a fost analizat domeniul posibil de valori și rezoluția de valoare. A fost analizată distribuția valorilor logaritmului zecimal al domeniului de valori și distribuția valorilor logaritmului zecimal al rezoluției de valoare;

Realizarea proiectului procedurii de încercare, revizuite, în care sau detaliat etapele pentru identificarea punctelor de prelevare a concentrațiilor prin simulare CFD (Computational Fluid Dynamics) și posibilitatea utilizării de gaze de încercare aditivate.

A fost analizată contribuția parametrilor de mediu: umiditatea relativă, temperatura ambiantă, presiunea atmosferică și s-a constatat că acestea nu contribuie la incertitudinea de măsurare a concentrației, pentru cazul analizat.

BIBLIOGRAFIE

- [7] ANSYS User Guide, ANSYS Release 15.0, ANSYS Inc;
- [8] Arnhold Th., Moelard W., The „Cherry on the cake” on the QM system of manufacturers of explosion protected apparatus, R.STAHL Schaltgeräte GmbH, Ex-Magazine 30/2004, ISSN 0176-0920;
- [9] B. Hardy, ITS-90 Formulations for vapor pressure, frost point temperature, dewpoint temperature, and enhancement factors in the range -100 to +100 C (Thunder Scientific Corporation, Albuquerque, NM, US, 1998);
- [15] Bottril G., Chueyne D., Vijayaraghavan G., (2005), Practical electrical equipment and installations in hazardous areas, Elsevier Publishers, 149-150;
- [17] Burian S., Selejan A., Csaszar T., s.a. Analysis of the modernized system for monitoring environmental parameters in workings with hazard of explosive atmospheres WSEAS TRANSACTIONS on SYSTEMS, ISSN 1109-2777, Issue 7, Volume 9, July 2010, page 703-712;
- [23] Directiva 2014/34/UE a Parlamentului European și a Consiliului din 26 februarie 2014 privind armonizarea legislațiilor statelor membre referitoare la echipamentele și sistemele de protecție destinate utilizării în atmosfere potențial explozive (reformare);
- [32] Hotărârea Guvernului României nr. 245/2016 privind stabilirea condițiilor pentru punerea la dispoziție pe piață a echipamentelor și sistemelor de protecție destinate utilizării în atmosfere potențial explozive;
- [33] Hotărârea nr. 752 din 14 mai 2004 privind stabilirea condițiilor pentru introducerea pe piață a echipamentelor și sistemelor de protecție destinate utilizării în atmosfere potențial explozive;
- [37] Ionescu J., "Metodă de evaluare a echipamentelor presurizate utilizând gaz traser", INSEMEX - Petrosani, 2007;
- [38] Ionescu J., Burian S., Darie M., Csaszar T., Andris A., Protecția la explozie a aparaturii asociate capsulărilor presurizate de mari dimensiuni, INSEMEX - Petrosani, 2008;
- [46] Păsculescu V.M., Vlasin N.I., Florea D., Șuvar M.C. - Improving the Quality of the Process for Selecting Electrical Equipment Intended to be Used in Potentially Explosive Atmospheres - Proceedings of The 7th International Multidisciplinary Scientific Symposium UNIVERSITARIA SIMPRO, Petrosani, 2016;
- [59] SR EN (IEC) 60079-2 (2015) Atmosfere explozive Partea 2: Echipament protejat prin carcasă presurizată „p”;
- [60] SR EN 1127-1:2008 Atmosfere explozive - Prevenirea și protecția la explozii Partea 1: Concepte fundamentale și metodologie;

Cercetări privind posibilitățile de testare și implementare a protecției la explozie
pentru echipamente de mari dimensiuni

- [61] SR EN 1127-2:2008 Atmosfere explozive - Prevenirea și protecția la explozii
Partea 2: Concepte fundamentale și metodologie pentru minerit;
- [62] SR EN 60079-13 Atmosfere explozive. Partea 13: Protecția echipamentului prin
cameră presurizată "p";
- [68] Șuvar M.C., Cioclea D., Vlasin N., Lupu C., Păsculescu V.M., Arad V., Arad S. -
Study on the Possibilities for Restoring a Mine Ventilation Network Affected by
an Explosion - Proceedings of The Symposium Occupational Health and Safety -
SESAM 2015, 7th Edition - INSEMEX Publishing House, Petroșani, 2015;
- [74] Velten K. - Mathematical Modeling and Simulation: Introduction for scientists and
Engineers - Wiley-VCH GmbH&Co.KGaA, Weinheim, Germany, 2009.