

**CONSIDERATII PRIVIND PRINCIPALII FACTORI CARE INFLUENTEAZA
APARITIA VARFURILOR DE PRESIUNE IN CAZUL MOTOARELOR
ELECTRICE
CU CAPSULARE ANTIDFLAGRANTA DESTINATE FOLOSIRII
IN ATMOSFERE POTENTIAL EXPLOZIVE DE GAZE, VAPORI.**

Mihai Magyari, Sorin Burian, Martin Friedmann, Lucian Moldovan

INCD INSEMEX – Petrosani, Hunedoara County, Romania,
insemex@insemex.ro

ABSTRACT

The purpose of the paper is to perform a critical analysis of the main factors which lead to pressure pilling in the case of flameproof electrical motors designed to be used in potentially explosive atmospheres of group II of gases and vapors and which should be considered in the design stage of flameproof enclosures of electric motors in order to pass the non transmission of an internal explosion test, successfully.

The researches conducted in the specialized Laboratory of INSEMEX Petrosani, on a very large number of flameproof motor samples have led to the conclusion that the pressure pilling phenomenon is the main reason for the transmission of an internal explosion in the case of self ventilated electrical motors. The term pressure pilling, as used in this report, refers to the increase in pressure in a compartmented enclosure, above the pressures that would occur in the same compartment without compartmentation. This pressure increase is a relative measure and may be considered abnormal compared to the pressure obtained in a constant volume combustion process with a precombustion gas pressure at or very near standard atmospheric pressure.

1. INTRODUCERE

Motoarele electrice cu tipul de protectie capsulare antideflagranta trebuie sa corespunda urmatoarelor verificari și incercari de tip, pentru a putea fi certificate in vederea punerii pe piata:

- incercarea privind determinarea presiunii maxime de explozie (presiunii de referinta), incercarea la suprapresiune si incercarea privind netransmiterea unei aprinderi interne.

Subansamblele mai importante ale motoarelor cu capsulare antideflagranta si care concura la realizarea tipului de protectie, sunt: carcasa stator, scuturi, rotor, ventilator si capota ventilator, placa de borne, cutie de borne, capac cutie de borne, dupa cum se observa in Fig. 1.

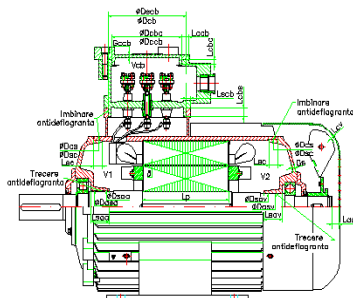


Fig. 1 – Ansamblu motor cu capsulare antideflagranta

2. CRITERII TEHNICE FOLOSITE PENTRU CERCETAREA CAPSULARILOR DE MOTOARE ANTIDFLAGRANTE

Inercarea experimentală în amestecuri explozive este studiată în autoclave speciale cu care este echipat Laboratorul de profil din cadrul INSEMEX Petrosani și care sunt rezistente la presiunea de explozie. În aceste autoclave (camere de explozie), atmosfera explozivă de încercare se obține prin introducerea amestecului exploziv specificat, conform SR-EN 60079-1, prin intermediul unei Unități de Amestec Gaz (Gas Mixing Unit - GMU) în camera de explozie și controlul concentrației gazului de încercare din amestec prin verificarea concentrației de oxigen din amestecul rezultat, folosind un analizor de oxigen. După obținerea amestecului exploziv dorit, acesta se verifică din nou prin intermediul dispozitivului MESH (Maximum Experimental Safety Gap).

În cazul capsularilor de motoare care conțin o serie de particularități care le diferențiază de celelalte tipuri de capsulari, în ceea ce privește compartimentarea interioară care favorizează fenomenul varfurilor de presiune (datorită precomprimării amestecului de încercare) și care nu poate fi evitat prea mult prin măsuri constructive, datorită faptului că întotdeauna va exista un întrefier între stator și rotor (de valoare mică, pentru a minimiza pierderile electromagnetice), de fiecare dată când se inițiază aprinderea amestecului de explozie la unul din capetele de rotație ale motorului, presiunea înregistrată la celălalt capăt de rotație va fi mult amplificată datorită precomprimării amestecului exploziv neaprins încă, în spațiul îngust dintre stator și rotor de către frontul de presiune rezultat ca urmare a aprinderii amestecului al capătul opus de rotație.

2.1. Rezistența mecanică a capsularilor de motoare funcție de presiunile interne de explozie.

Presiunea maximă rezultată prin arderea amestecurilor explozive, este determinată de masa gazelor care intră în reacție și de temperatura de ardere.

În capsularile în care se formează compartimentări interioare (cum este cazul motoarelor electrice) pot fi înregistrate varfuri de suprapresiuni datorită precomprimărilor aparute în calea unde de propagare a aprinderii. Din cauza acestor varfuri de presiune sunt induse creșteri bruste de sarcină interioară care solicită în mod suplimentar rezistența capsularilor.

Presiunea maximă de explozie și curba ei de variație constituie datele de referință pentru verificarea rezistenței mecanice a capsularilor. Verificarea se obține prin expunerea capsularii la suprapresiune fie pe cale statică fie

dinamica cu un factor de securitate de 1,5 ori. Incercarea de tip in laboratorul de incercare se obtine cu amestecuri explozive precomprimate dupa relatia urmatoare:

$$\frac{P_{ex1}}{P_{ex0}} = \frac{P_1}{P_0} \quad (2.1)$$

unde:

P_{ex0} - presiunea de explozie a unui amestec avand presiunea initiala egala cu presiunea atmosferica P_0 .

P_{ex1} - presiunea de explozie obtinuta cand amestecul este precomprimat initial la presiunea P_1 .

2.2 Verificarea proprietatilor antideflagrante ale capsularilor de motoare

Antideflagranta este determinata de presiunea de explozie nu numai prin efectul ei asupra procesului de transformare dar și pe alta cale prin efectele mecanice pe care le are asupra imbinarilor antideflagrante. Conform SR-EN 60079-1-1, MESG este determinat in conditiile unor flanse nedeformabile. La aplicatiile practice, flansele pot fi deformate sub efectul presiunii de explozie, largind interstitiul pe durata exploziei. Metoda de verificare a performantelor antideflagrante prevede expunerea directa a fiecarui tip de capsulare antideflagranta la efectele exploziei interne intr-un amestec exploziv, ambient tocmai cu scop de a se verifica și efectul deformatiilor reversibile. Largimea interstitiilor este o variabila functie de presiunea de explozie interioara. Pot fi si imbinari complet rigide dar in general la capsulari cu suprafete semnificative expuse la presiune intervin deformari și nu poate fi determinata antideflagranta numai prin simple masuratori dimensionale fara o incercare a tipului concret de capsulare in amestecuri explozive.

3. Principalii factori care influenteaza aparitia varfurilor de presiune la capsularile de motoare antideflagrante.

Cauzele aparitiei varfurilor de presiune nu sunt inca intelese pe deplin, necunoscandu-se cu certitudine gradul pana la care geometria capsularii, amplasarea sursei de aprindere precum si natura acesteia, influenta amestecului exploziv, pot fi folosite pentru a putea prezice cand este posibil sa apara aceste varfuri de presiune, si daca apare acest fenomen, care vor fi valorile presiunilor obtinute.

3.1. Forma geometrica a capsularii.

Forma geometrica a capsularii joaca un rol important numai daca raportul dintre lungimea capsularii si dimensiunile sectiunii transversale este semnificativ. In acest caz, atunci cand aprinderea este initiata la unul din capete, frontul flacarii poate fi accelerat pe directia lungimii capsularii, putand chiar sa faca trecerea de la deflagratie la detonatie in anumite cazuri extreme.

In ceea ce priveste presiunile de proiectare in acest caz, nu exista suficiente informatii care sa permita sa fie stabilite directii clare pentru diferite rapoarte lungime / latime (inaltime) ale capsularii. In absenta acestor date, se recomanda ca raportul dintre lungimea capsularii si cea mai mica dimensiune a sectiunii transversale sa nu depaseasca valoarea 4. Pentru valori ale acestui

raport de cel mult 4, nu este probabila aparitia varfurilor de presiune, daca nu exista si alti factori care pot genera acest lucru.

3.2. Compartimentarea capsularii.

Compartimentarea capsularii reprezinta una din cauzele principale ale aparitiei varfurilor de presiune. Acestea apar de cele mai multe ori in compartimentul cu volum mai mic dupa initierea aprinderii in compartimentul cu volum mai mare. Suprafetele mici sau trecerile care fac legatura intre doua compartimente maresc probabilitatea aparitiei varfurilor de presiune. Daca exista o serie de compartimente care comunica unul cu celalalt, presiunea de explozie va avea tendinta sa creasca pe masura ce frontul flacarii se propaga dintr-un compartiment in altul, atingand valoarea maxima in ultimul compartiment.

In ceea ce priveste consideratiile de proiectare – pentru a evita aparitia varfurilor de presiune, proiectantul capsularii ar trebuie sa elimine pe cat posibil compartimentarea capsularii. Daca totusi nu poate fi evitata compartimentarea capsularii (cum este cazul motoarelor), fie prin existenta mai multor compartimente sau prin dispunerea echipamentului interior, atunci deschiderile si trecerile care fac legatura intre compartimente trebuie sa aibe suprafata cat mai mare. In situatia in care trecerile care fac legatura intre compartimente nu pot avea suprafata mare, proiectantul capsularii trebuie sa aibe in vedere izolarea completa a celor doua compartimente prin folosirea trecerilor antideflagrante intre compartimente, in asa fel incat explozia sa nu poata fi propagata in afara compartimentului in care a fost initiata aprinderea amestecului exploziv. Acest lucru se realizeaza prin respectarea cerintelor privind parametrii imbinarilor antideflagrante specificati in standard.

3.3. Tipul de gaz folsit si concentratia amestecului exploziv.

Gazele cu potential de explozie mai ridicat (cum este cazul hidrogenului si acetilenei), pot produce presiuni mai ridicate de explozie si au o tendinta mai mare de a produce varfuri de presiune; de asemenea, o concentratie aflata in apropierea concentratiei stoechiometrice duce la valori mai mari ale presiunilor de explozie.

In ceea ce priveste consideratiile de proiectare, trebuie efectuate incercari privind determinarea presiunilor de explozie folosind amestecurile exoplozive de tipul si la concentratia care genereaza presiunile maxime de explozie pentru grupa de explozie avuta in vedere.

3.4. Sursa de aprindere.

Sursele de aprindere de mare putere produc presiuni de explozie mai mari decat sursele de aprindere normale de 12 V, folosite in laborator pentru initiere a aprinderii amestecului de explozie. O sursa de aprindere cum ar fi un arc electric, care are energia mai mare decat energia de aprindere a unei bujii de 12 V, va produce intotdeauna presiuni mai mari de explozie.

De asemenea, amplasarea (localizarea) sursei de aprindere poate avea influenta asupra valorii presiunilor de explozie. Amplasarea sursei de aprindere in zona centrala a unei capsulari obisnuite pare sa genereze valorile cele mai ridicate ale presiunii de explozie; in cazul insa al capsularilor de lungime mai

mare, initierea aprinderii la unul din capete duce la aparitia celor mai ridicate valori ale presiunii de explozie.

In ceea ce priveste consideratiile de proiectare, trebuie acordata atentie reducerii pe cat posibil a valorii puterii sursei potentiale de aprindere care poate aparea in interiorul capsularii proiectate. Daca sursa potentiala de aprindere este valoare ridicata, trebuie acceptat faptul ca fenomenul varfurilor de presiune este mai probabil si capsularea trebuie sa fie proiectata pentru valori mai ridicate ale presiunilor de explozie.

3.5. Precomprimarea amestecului de incercare.

Fenomenul precomprimarii amestecului de incercare apare de regula in cazul capsularilor compartimentate sau in cazul capsularilor interconectate. Initierea aprinderii intr-unul dintre compartimente, in special daca este vorba de compartimentul cu volum mai mare fata de celalalt, poate produce in celalalt compartiment presiuni initiale mai mari decat presiunea atmosferica, inainte de aparitia aprinderii in acest compartiment. Valorile finale ale presiunilor de explozie sunt direct proportionale cu valoarea precomprimarii amestecului, indiferent de cauzele care sunt responsabile de aparitia precomprimarii amestecului exploziv.

In ceea ce priveste consideratiile de proiectare, in cazul in care nu poate fi evitata compartimentarea - cazul capsularilor de motoare (si nu numai), atunci precomprimarea in cel de al doilea compartiment, inainte de aprinderea amestecului exploziv corespunzator acestuia, poate fi estimata ca fiind valoarea finala a presiunii de explozie din primul compartiment. Aceasta abordare este foarte conservativa si se bazeaza pe prezumtia ca:

- a) nu exista nici o rezistenta in ceea ce priveste curgerea dintre primul compartiment si cel de al doilea, in timpul arderii amestecului exploziv din primul compartiment;
- b) aprinderea in cel de al doilea compartiment survine dupa ce arderea amestecului exploziv din primul compartiment este completa;
- c) presiunea initiala din cel de al doilea compartiment este egala cu valoarea finala a presiunii din primul compartiment;
- d) exista o rezistenta mare la curgerea amestecului din cel de al doilea compartiment in primul compartiment in timpul arderii amestecului exploziv din al doilea compartiment.

Pentru aceste consideratii, valoarea presiunii initiale din cel de al doilea compartiment este:

$$p_i = p_a \times V_1 / (V_1 + V_2) \quad (3.1)$$

p_a = presiunea atmosferica;

V_1 = volumul primului compartiment;

V_2 = volumul celui de al doilea compartiment.

Aceasta ecuație are rolul de indica valorile presiunilor în situația cea mai defavorabilă care poate fi produsă prin precomprimare și este prea conservativă pentru proiectarea normală a capsularilor. Valori prea ridicate ale presiunilor obținute prin calcul în cazul capsularilor compartimentate trebuie să încurajeze proiectanții de aparatură fie să modifice proiectul aparaturii, fie să o testeze concret în amestecuri explozive pentru a stabili valori mai realiste ale presiunilor finale de explozie care pot apărea.

3.6. Accelerarea frontului flăcării.

Accelerarea frontului flăcării poate fi cauzată de mai mulți factori. Aceștia includ accelerarea indusă datorită curgerii amestecului, turbulenta amestecului și instabilitatea frontului flăcării. Accelerarea curgerii gazului poate apărea la deschiderile și trecerile care fac legătura între compartimentele capsularii.

În ceea ce privește considerațiile de proiectare, proiectantul trebuie să reducă probabilitatea accelerării frontului flăcării ținând seama de indicațiile privind proiectarea în cazul compartimentării capsularii și prin minimizarea obstacolelor în calea curgerii amestecului care pot genera turbulenta. În mod cert, proiectantul nu va putea să elimine echipamentul necesar din interiorul capsularii și nici nu va putea să elimine întotdeauna potențialii generatori de turbulenta. Proiectantul trebuie să se concentreze în primul rând pe evitarea compartimentării capsularii (acolo unde este posibil) prin dispunerea judicioasă a echipamentului interior și, acolo unde compartimentarea nu poate fi evitată, proiectantul trebuie să elimine amplasarea obstacolelor care nu sunt necesare sau a restricțiilor la trecerile dintre diferitele compartimente ale capsularii.

4. Concluzii

Aplicarea acestor soluții și recomandări de proiectare, în ceea ce privește capsularile de motoare antideflagrante (și nu numai) de către producătorii de aparatură protejată la explozie cu tipul de protecție capsulare antideflagrantă, vor avea ca rezultat creșterea probabilității ca aceste motoare să treacă cu succes încercările de tip, deosebit de dure, specifice hidrogenului și acetilenei, încă din prima fază de proiect conceptual al motoarelor, fără a mai fi necesar ulterior, în cazul în care aceste încercări sunt nereușite, să fie modificat de fiecare dată proiectul de construcție al motoarelor, lucru care se traduce în creșterea timpilor necesari finalizării procesului de certificare și implicit a costurilor de certificare care reprezintă un criteriu esențial în actualul context economic în care producătorii autohtoni de echipamente protejate la explozie concurează pe piața Uniunii Europene cu producători consacrați din țări dezvoltate precum Germania, Franța sau Marea Britanie.

BIBLIOGRAFIE

1. Geoffrey Bottrill., Derek Cheyne., G. Vijayaraghavan., Practical electrical equipment and installations in hazardous areas. Editura Elsevier 2005
2. Magyari M., Considerations regarding the Application of ATEX Directives to Power Drive Systems. SESAM 2009. Felix Oradea.
3. Wolfhard, H.G., Bruszak A.E., Passage of Explosions Through Narrow Cylindrical Channels. Combustion and Flame, vol 4