

POR ÉS GÁZROBBANÁS ELLENI VÉDELEM ESZKÖZEI, LEHETŐSÉGEI

Dr. Siménfalvi Zoltán
dékán, intézetigazgató

Miskolci Egyetem Gépészmérnöki és Informatikai Kar
Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



Kutatási háttér – Miskolci Egyetem

- Energetikai és Vegyipari Gépészeti Intézet (Vegyipari Gépek Tanszéke – alapítva 1962)
- BSc, MSc képzés: Gépészmérnöki szak vegyipari gépészeti specializáció
- Fontos pillér a biztonságtechnika
 - Túlnyomás elleni védelem (biztonsági szelepek, hasadótarcsák)
 - Veszélyes anyagok, kockázatok
 - Rendszerbiztonságtechnika
 - Porok, gázok, gőzök, hibrid keverékek robbanási tulajdonságai
 - Porrobbanás elleni védelem tervezése
- Tananyagfejlesztés: TÁMOP-4.1.2 Por és gázrobbanás elleni védelem (<http://www.tankonyvtar.hu>)
- PhD képzés: Robbanás elleni védelemmel ellátott rendszerek elméleti, szimulációs és kísérleti

vizsgálata



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



Tervezés lépései

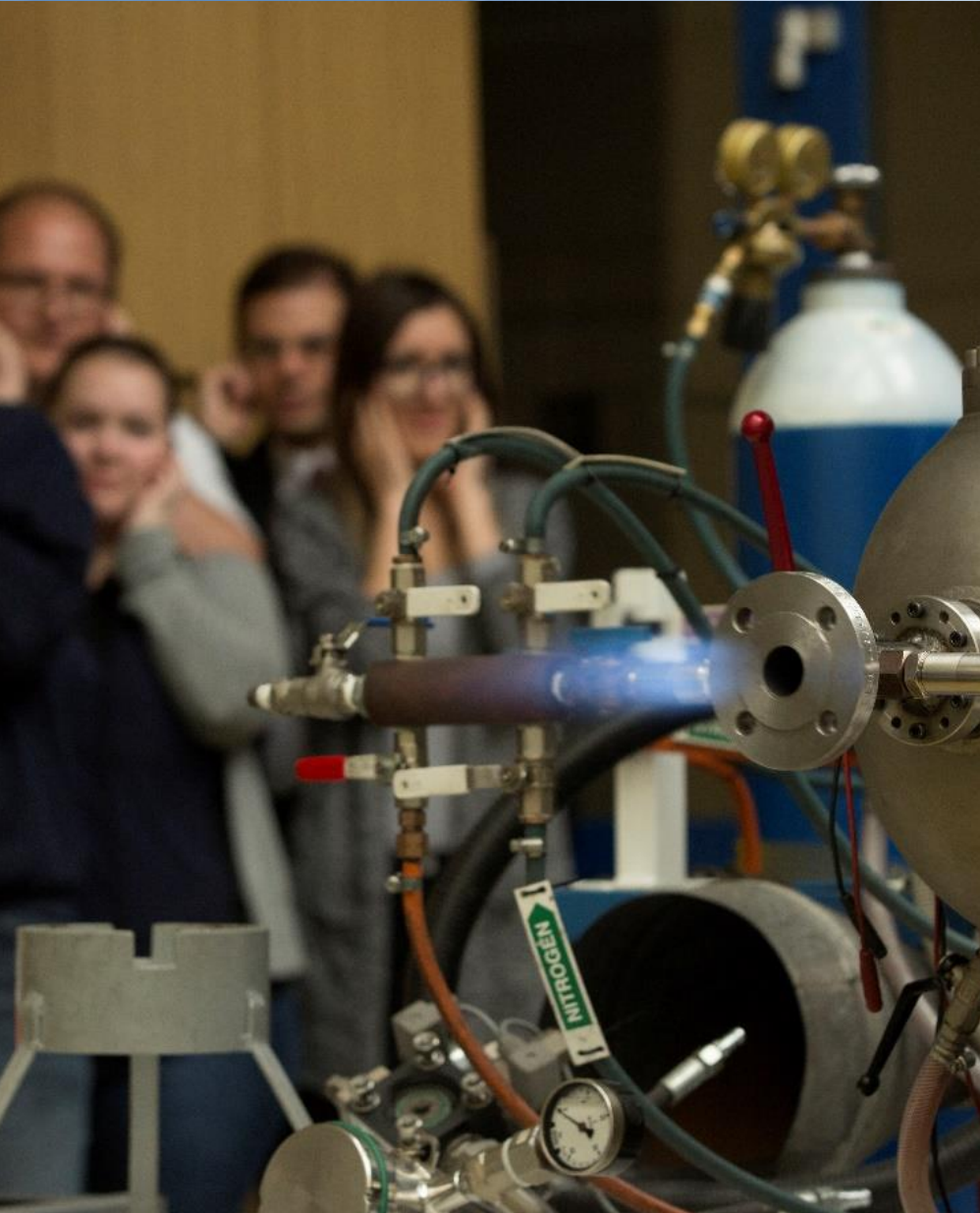
- Por/gőz/gáz/hibrid keverék robbanási jelzőszámainak (P_{max} , K_{st}) meghatározása (vizsgálat vs szakirodalom)
- „Redukált” nyomás meghatározása – szilárdsági számítás (szabványos nyomástartó alkatrészek, feszültség analízis, FEM)
- Védelmi eszköz kiválasztása (pl. lefúvó felület meghatározása, pozícionálása)
- Lefúvóvezetékek elhelyezése, hatásának vizsgálata
- Esetleges elterelő eszközök alkalmazása
- Beépítési tervek elkészítése



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



Kutatási háttér – Miskolci Egyetem



Kühner AG
Dinkelbergstrasse 1
CH-4127 Birsfelden
Switzerland
www.kuhner.com

Kuhner SAFETY

Certificate of Calibration

Kalibrier - Zertifikat

P_{max} | K_{max}

CaRo 15

Certificate No. Zertifikat Nr.	PK15 - 63	Enclosure Beilage	Final Report Schlussbericht	CaRo 15 CaRo 15
Customer Kunde	University of Miskolc			
Object Gegenstand	20-l-Apparatus	Simex		
Manufacturer Heretollor	Kühner AG			
Reference values Referenzwerte	P_{max} [bar] 8.2 ± 10% (7.3 ... 9.0)	K_{max} [bar·m/s] 245 ± 10% (220... 269)		
Measured values Messwerte	7.8	234		
Date of calibration Kalibrierdatum	12/3/2015			



Birsfelden, Jan. 2016

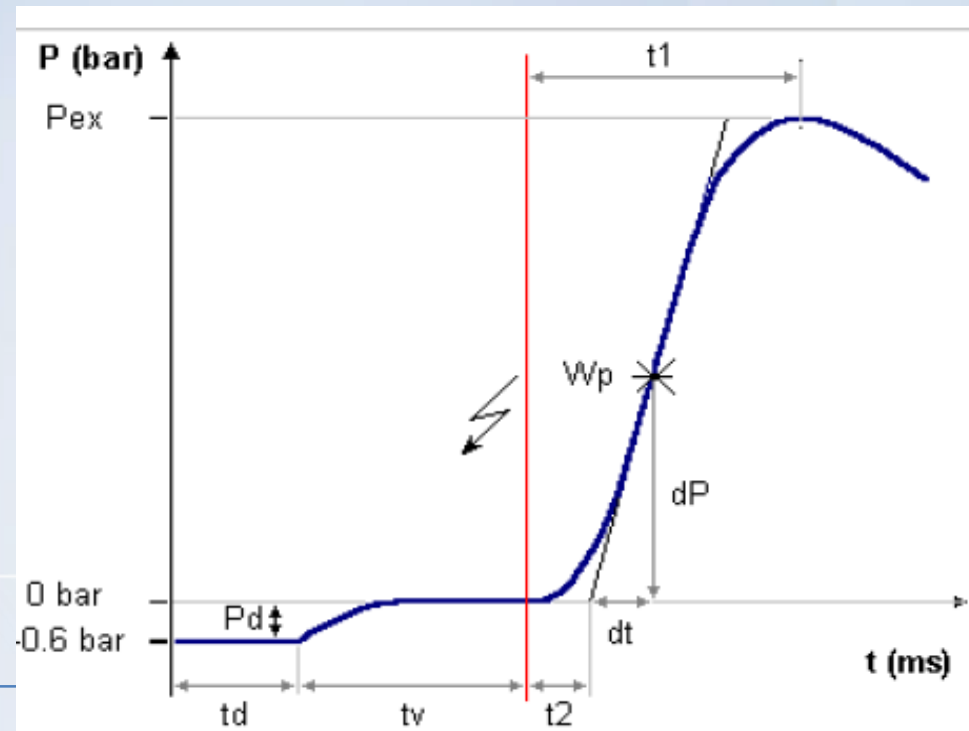
Adolf Kühner AG
Christoph Cosana

Robbanási anyagjellemzők - Porok

□ P_{max} , K_{st} – Tervezési feladatokhoz szükséges alapadat

- Porrobbanási osztályba sorolás (St_1 , St_2 , St_3)
- Gyújtóforrás: kémiai gyújtó;
Gyújtó energia (I_E) 2×5 kJ
- Gyújtás késleltetés (t_v) 60 m
- Nedvességtartalom meghatározása,
szitaanalízis

□ MIE, MIT, LIT, LEL, UEL, LOC, BAM,
Powder Resistivity, Powder Chargeability,
Charge Decay, ...

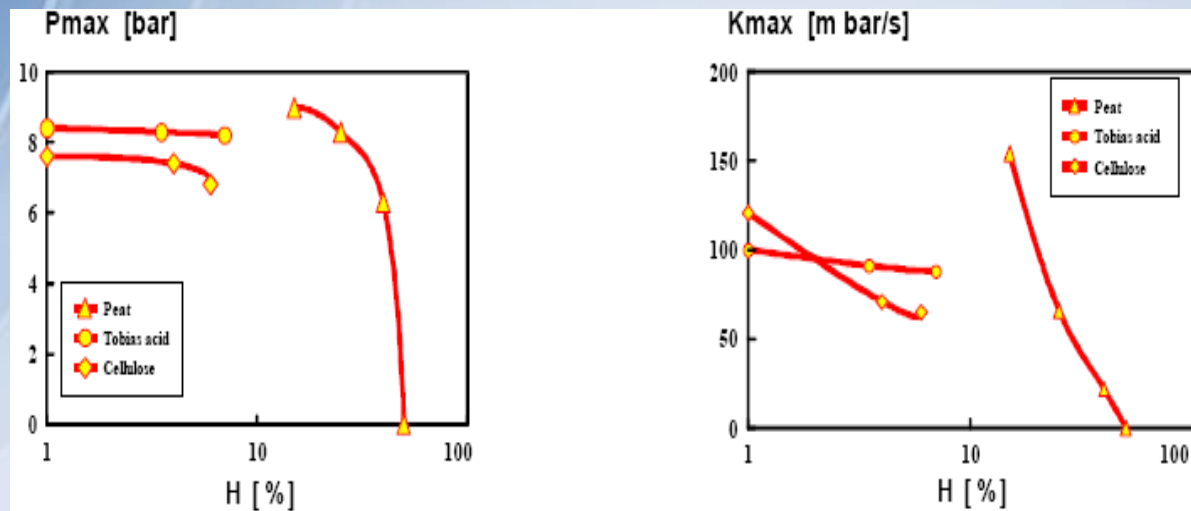


VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



Porrobbanást befolyásoló tényezők

- ☐ Kevertség, homogenitás, inhomogenitás
- ☐ Nedvességtartalom



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



Porrobbanást befolyásoló tényezők

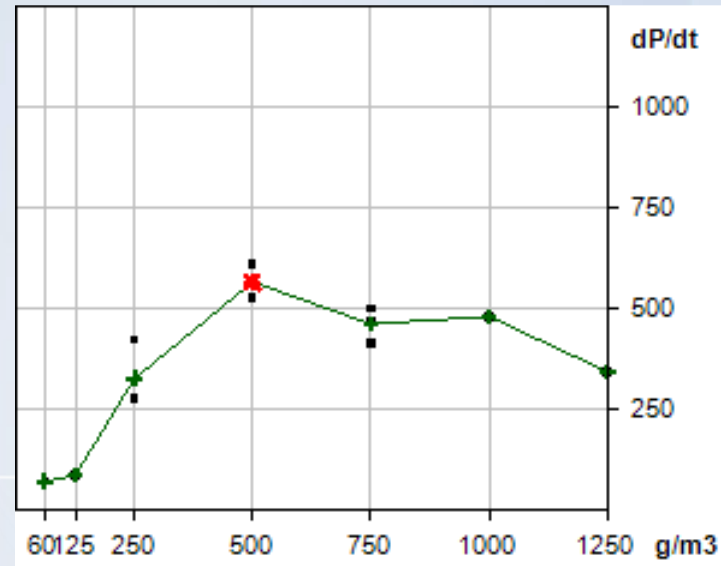
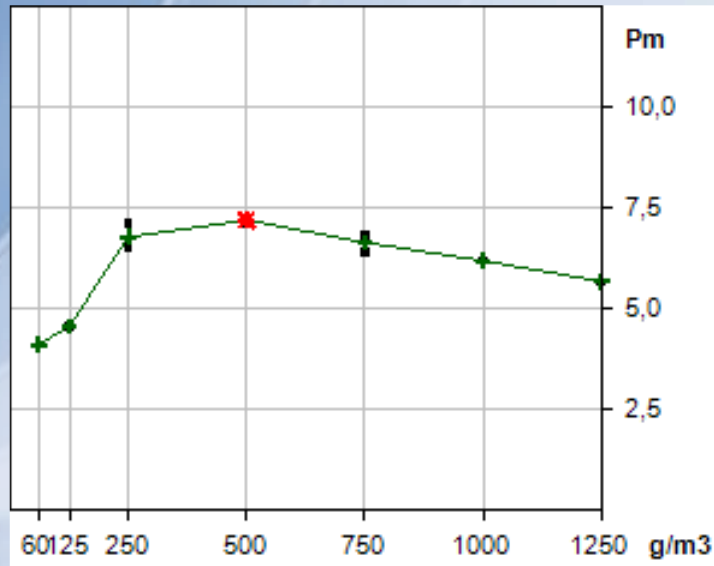
- ❑ Szemcseméret (medián): A finomabb por erőteljesebb robbanásra képes, mint a durvább szemcsékből álló. Ezért a vizsgálatra kész por szemcseméretének mediánja $M < 63\mu\text{m}$ kell legyen.
- ❑ Kezdeti hőmérséklet: Lineáris összefüggés a hőmérséklet növekedése és a P_{max} csökkenése között. A jelenség az oxigén tartalom csökkenésével függ össze. A gyakorlatban a hőmérséklet hatását a K_{max} értékére elhanyagolhatónak tekinthetjük.
- ❑ Kezdeti nyomás: A P_{max} és K_{max} robbanási jellemzők egyenesen arányosak a kezdeti nyomással
- ❑ Gyújtási energia:
 - Energiafüggetlen porok
 - Energiafüggő porok: A gyújtási energia csökkentése a K_{max} érték egyenesen arányos csökkenésével jár. A robbanási túlnyomást gyakorlatilag nem befolyásolja.



Porrobbanást befolyásoló tényezők

Explosion Characteristics

Max. explosion pressure:	P_{max}	=	7,2 bar	$\pm 10\%$
Max. rate of pressure rise:	$(dP/dt)_{max}$	=	566 bar / s	$\pm 12\%$
Product specific constant:	K_{max}	=	154 m·bar / s	$\pm 12\%$



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



Védelem tervezése – védelmi megoldások

☐ Védelmi megoldások

- Robbanásálló építési mód
- Robbanáselfojtás
- Robbanásterjedés megakadályozása
- Robbanási nyomás lefúvatása



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



Védelem tervezése – védelmi megoldások

☐ Robbanásálló építési mód

- a legnagyobb robbanási nyomásra készült kivitel;
- a csökkentett robbanási nyomásra készült kivitel, összekapcsolva a robbanási nyomás levezetésével vagy robbanáselfojtással.
- Robbanási nyomásnak ellenálló építésmód: készülékek, védőrendszerek és elemek maradó alakváltozás nélkül álljanak ellen a várható robbanási nyomásnak. Méretezési nyomásként a várható robbanási nyomást kell alapul venni.
- Robbanási nyomáshullámnak ellenálló építésmód: ellenálljanak a várható robbanási nyomásnak, de eközben megengedettek bizonyos maradó alakváltozások



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



☐ Rob

-
-

-



elemekben

ét. Ez azt

nyomásra

érzékelő



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok

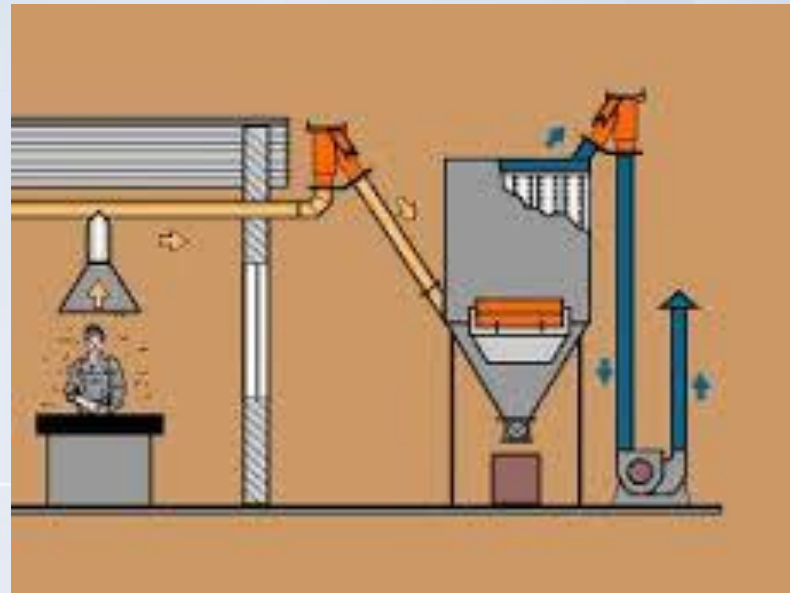
- Fókuszban a robbanásvédelem -

Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



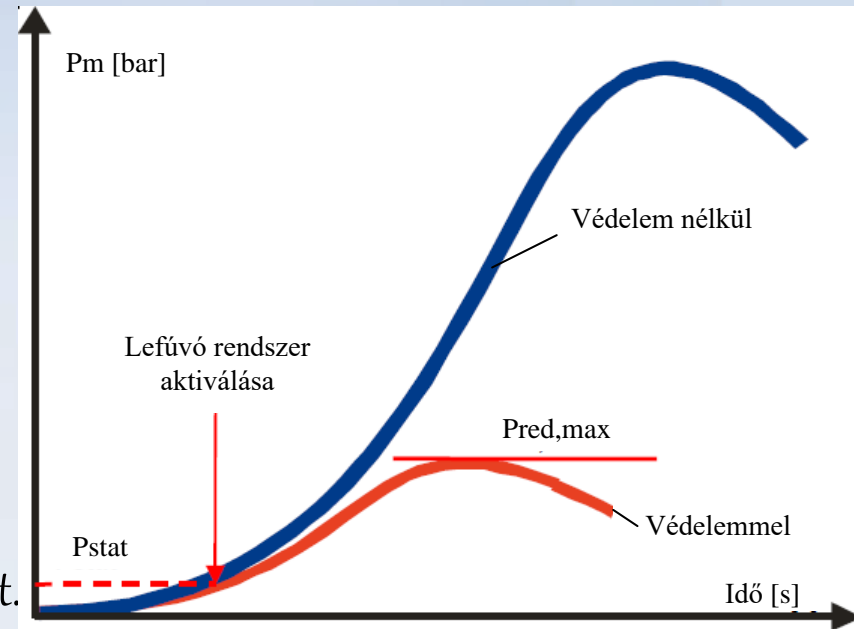
Védelem tervezése – védelmi megoldások

- ☐ Robbanásterjedés megakadályozása (szakaszolás)
 - Gázok, gőzök: lángzárak, lángvisszacsapás elleni eszközök, tűzoltó gátak
 - Porok: gyors zárású szelepek és gyors zárású csappantyúk, forgócellás adagolók, diverterek,



Védelem tervezése – védelmi megoldások

- A robbanási nyomás lefűvatása
 - A robbanási nyomás lefűvatása az a védelmi elv, amelynél az elégett és az el nem égett keverék, valamint az égési gázok szabadba engedésével csökkentik a robbanási nyomást. Ez azáltal érhető el, hogy megfelelő nyílásokat terveznek, amelyekkel megakadályozzák a készülékek, védőrendszerek és elemek roncsolódását.



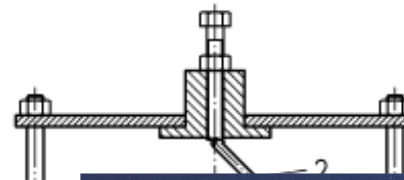
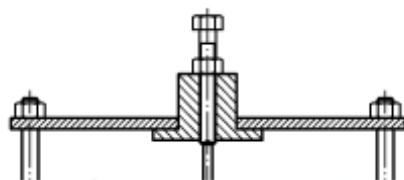
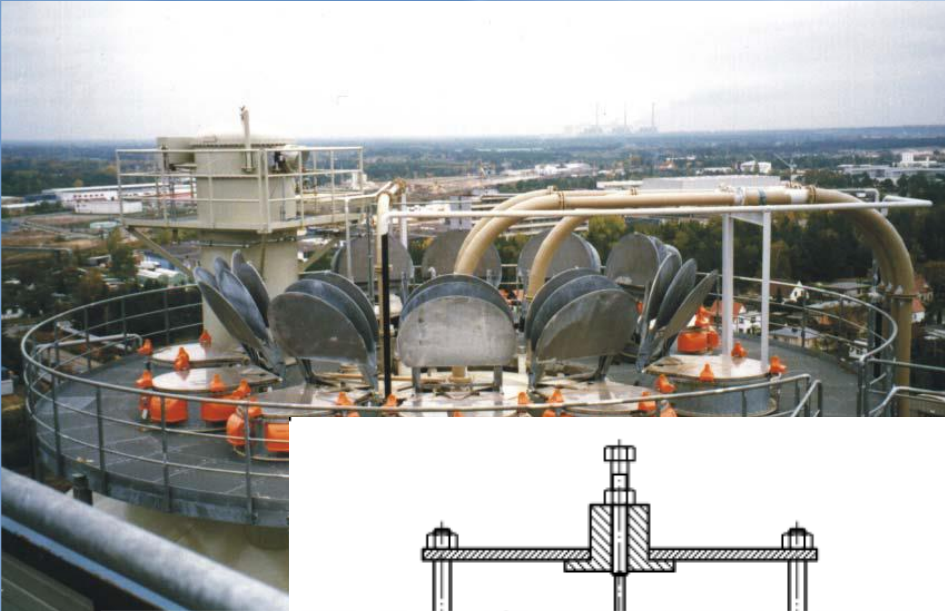
lefűvátás



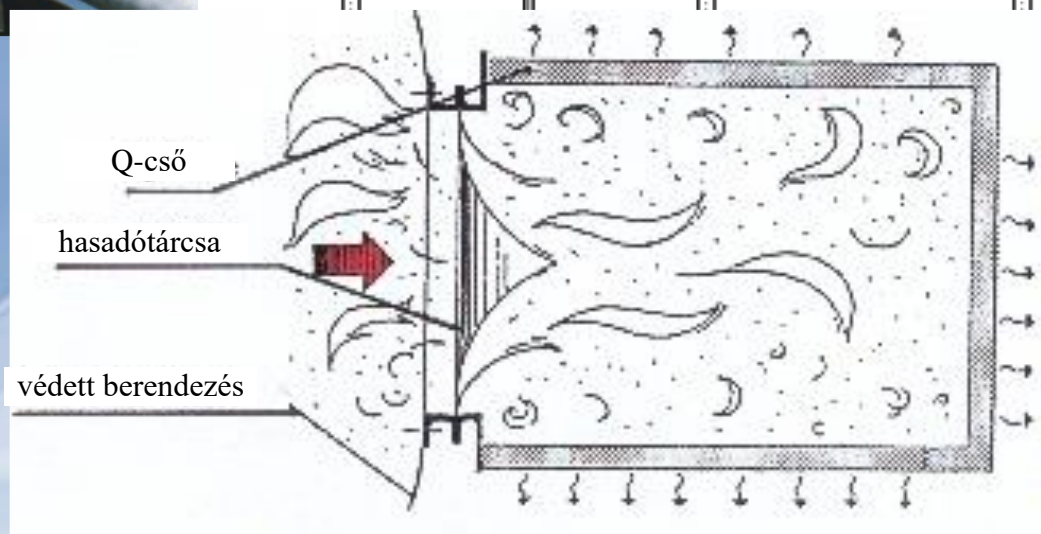
- a tartály t
- a lefűvátó
- a kezdeti t



Észéke – Lefúvatás



elem),



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



Védelem tervezése – Szilárdsági számítás

☐ Robbanásra való méretezés szilárdsági filozófiája

- Normál üzemi állapotban az anyagtulajdonságokból meghatározott megengedett feszültség alapján történik a méretezés, természetesen különböző feszültség kategóriákban ezen feszültség különböző szorzószámmal növelt értékének figyelembe vételével.
- A robbanáskor fellépő redukált nyomás a szerkezetet tartósan nem terheli, pillanatszerűen a robbanás bekövetkezésekor hat. A felesleges túlméretezés elkerülésére, de kellő biztonság szavatolására az NFPA 68 (Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting) előírása megengedi, hogy a szerkezet a rugalmassági határán túl, maradó deformációig túlterhelhető



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



Védelem tervezése – Szilárdsági számítás

□ Robbanásra való méretezés szilárdsági filozófiája

- Az előírás szerint ebben az esetben a redukált nyomás nem lépheti túl a repesztési nyomás 2/3-át, azaz ha a repesztési nyomást a szakítószilárdságot elérő feszültséget kiváltó terhelésnek tekintjük, akkor az előbbi feltétel a robbanáskor megengedett feszültségre:

$$f_{mr} \leq \frac{2}{3} R_m$$

- A berendezés leggyengébb pontján robbanási állapotban kialakuló alakváltozás olyan mértékben korlátozandó, hogy helyi törés vagy szakadás – beleértve a kezdő repedéseket is – ne keletkezzen. A maradó alakváltozások, azok kijavítása nélkül ne akadályozzák a berendezés további rendeltetésszerű használatát.



Védelem tervezése – Lefúvó felületek számítása

- ❑ Kis szilárdságú szerkezetek, építmények (MSZ EN 14491, VDI 3673, NFPA68);
- ❑ Technológiai berendezésekre vonatkozó előírások
 - VDI 3673 irányelv előírásai

$$A = \left(3,264 \cdot 10^{-5} \cdot C \cdot p_r^{-0,569} + 0,27(p_n - 0,1) \cdot p_r^{-0,5} \right) \cdot V_p^{0,753}$$

$$\Delta A = A \cdot \left(-4,305 \cdot \log(p_r) + 0,758 \right) \cdot \log \frac{H}{D}$$

$$A_L = A + \Delta A$$



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



Védelem tervezése – Lefúvó felületek számítása

□ Technológiai berendezésekre vonatkozó előírások

- MSZ EN 14491 technológiai berendezésekre

$$0,1 \leq p_{\text{red,max}} < 1,5 \quad A = B \cdot (1 + C \cdot \log(L / D))$$

$$B = \left(3,264 \cdot 10^{-5} \cdot p_{\text{max}} \cdot K_{\text{st}} \cdot p_r^{-0,569} + 0,27(p_n - 0,1) \cdot p_r^{-0,5} \right) \cdot V^{0,753}$$

$$C = -4,305 \cdot \log p_r + 0,758$$

$$1,5 \leq p_{\text{red,max}} < 2,0 \quad A = B$$



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



Védelem tervezése – Lefúvó felületek számítása

□ Technológiai berendezésekre vonatkozó előírások

- MSZ EN 14491 csővezetékekre: Egy $0,2 < D < 0,6$ m átmérőjű, legfeljebb p_L barg teherviselő képességű egyenes csőszakaszban bekövetkező robbanás esetén a csőszakasz maximális hossza:

$K_{st} \leq 100$ bar m/s esetén

$$L = D \cdot (324,8 \cdot (1 - e^{-0,1072 \cdot p_L})),$$

$100 < K_{st} \leq 200$ bar m/s esetén

$$L = D \cdot (88,57 - 81,99 \cdot e^{-1,64 \cdot p_L}),$$

$200 < K_{st} \leq 300$ bar m/s esetén

$$L = D \cdot (63,76 - 62,42 \cdot e^{-0,1484 \cdot p_L}).$$



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



Szakirodalom - szakcikkek

- P. Field, Dust Explosion, Elsevier, 1982.
- Rolf K. Eckhoff, Dust Explosions in the process industries, Butterworth-Heinemann, 1997.
- Astbury, N.F., West, H.W.H., Hodgkinson, H.R., Cabbage, P.A., Clare, R. Gas Explosions in Load Bearing Brick Structures, BCRA Special Publication No. 68.
- R.J. Harris, The Investigation and Control of Gas Explosions in Buildings and Heating Plant, British Gas, 1989.
- Lewis, B, Elbe, G, Combustion, Flames and Explosions of Gases, Academic Press, 1961.
- Cabbage, P.A., Marshall, M.R., Pressures Generated by Explosions of Gas-Air Mixtures in Vented Enclosures, Gas Engineers Communications No. 926.



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



Szakirodalom - szakcikkek

- H. Steen, Handbuch des Explosionsschutzes. WILEY-VCH Verlag GmbH, Weinheim 2000.
- Wolfgang Bartknecht: Explosionsschutz Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1993.
- Richard Siwek, Christoph Cesena: WINVENT Handbook. Kühner AA Birsfelden, Switzerland, 2003.
- Siegenthaler, F., Siwek, R.: Zerkleinerung von Sperrmüll -Kombination von Explosionsunterdrückung und -entlastung (Crushing of bulky-refuse: combination of explosion suppression and explosion venting) VDI-Berichte Nr. 975, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, Germany, 1992.
- Astbury, N.F., West, H.W.H., Hodgkinson, H.R., Cubbage, P.A., Clare, R. Gas Explosions in Load Bearing Brick Structures, BCRA Special Publication No. 68.



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



Szakirodalom - szabványok

- AD-Merkblätter: Richtlinie für Werkstoffe; Berechnung, Herstellung und Ausrüstung von Druckbehältern, Köln: Karl Heymanns Verlag.
- VDI 2263 Blatt 3 Staubbrände und Staubexplosionen: Gefahren - Beurteilung - Schutzmassnahmen; Explosionsdruckstossfeste Behälter und Apparate; Berechnung, Bau und Prüfung (Dust Fires and Dust Explosions, Hazard-Assessment-Protective Measures, Pressure-shock-resistant Vessels and Apparatus, Calculation, Construction and Tests), Mai 1990.
- EN 14460-2001: Explosion resistance equipment.
- Directive 94/9/EG (ATEX 95): DIRECTICE 94/9/EC OF THE EUROPEAN PARLEMENT AND OF THE COUNCIL of 23 March 1994 on the approximation of the laws of the Member States concerning equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres.



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



Szakirodalom - szabványok

- VDI 3673 Part 1. Pressure Venting of Dust Explosions
- NFPA 68 Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting
- MSZ EN 1127-1:2000 Robbanóképes közegek. Robbanásmegelőzés és robbanásvédelem. 1. rész: Alapelvek és módszertan.
- MSZ EN 13673-1 Gázok és gőzök legnagyobb robbanási nyomásának és a nyomásemelkedés legnagyobb sebességének meghatározása. 1. rész: A legnagyobb robbanási nyomás meghatározása.
- MSZ EN 13673-2 Gázok és gőzök legnagyobb robbanási nyomásának és a nyomásemelkedés legnagyobb sebességének meghatározása. 2. rész: A nyomásemelkedés legnagyobb sebességének meghatározása.
- MSZ EN 14491 Dust Explosion venting protective systems



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



Szakirodalom - szabványok

- MSZ EN 14994 Gas explosion venting protective systems
- MSZ EN 26184-1 Robbanásvédelmi rendszerek. 1. rész Robbanóképes por-levegő keverékek robbanási jelzőszámainak meghatározása.
- MSZ EN 26184-2 Robbanásvédelmi rendszerek. 2. rész Gyúlékony gáz-levegő rendszer robbanási jelzőszámainak meghatározása.
- MSZ EN 26184-3 Robbanásvédelmi rendszerek. 3. rész Por-levegő és gáz-levegő keverékektől különböző éghető anyag-levegő rendszer robbanási jelzőszámainak meghatározása.
- MSZ ENV 1993-1-7 szabvány (Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-7: General rules – Supplementary rules for planar plated structural elements with out of plane loading).



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.



Szakirodalom - katalógusok

- Rembe: Prospektblatt: Anlagen-Sicherheit bei Druck Vakuum und Explosion, Berstscheiben QRohr Exkop, Rembe GmbH, D-59918 Brilon.
- BS&B: Catalogue: Pressure relief and explosion venting technology, 2000; BS&B Safety Systems, Ltd., UK.
- Bühler: Prospektblatt: Explosion Control, BUHLER Ltd. CH-9240 Uzwil.
- Silo-Thorwestern: Prospektblatt: Explosionsentlastung: Silo Thorwestern GmbH, D-Beckum.
- www.explotech.hu (EXPLOTECH Szerelvény és Hasadótárca Kft.)
- www.elfab.com (ELFAB Ltd. Hasadótárca és hasadópanel gyártó)



VI. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok
- Fókuszban a robbanásvédelem -
Lakiteleki Népfőiskola 2017. október 3-4.





Köszönöm a
figyelmet!

Dr. Siménfalvi Zoltán

simenfalvi@uni-miskolc.hu

+36 30 515 3521

Elmi Szakmai Napok

Robbanásvédelem -

2017. október 3-4.

