



ExNB Tanúsító Intézet

1154 Budapest, Kozák tér 13-16.

info@exnb.eu

ATEX kijelölt szervezet: 2684

TMT: 35000/1751-2/2019.ált

Ipari robbanások megelőzése

Dr Kun Gábor – Tanúsítás vezető

BME Gépészeti Eljárástechnika Szakosztály

ExNB Tanúsító Intézet

2023.05.16

Néhány szó magamról:

...okleveles gépészmérnök (BME), PhD (RWTH Aachen)...

- 3 év Tesztelési Osztályvezető
 - Működési tesztek
 - Környezeti tesztek
 - Megbízhatóság és biztonság
- 10 év műszaki igazgató egy RB műszergyártó cégnél
 - Nemzetközi kapcsolatok: O&G, Agriculture, Pharma, Wastewater, Textile, Chemical industries
 - Worldwide tanúsítások: NFPA, ATEX, IECEx, INMETRO, Marine (offshore)
- Most: ExNB Tanúsító Intézet– Tanúsítás Vezető
 - ATEX Tanúsítás, Tűzvédelmi Megfelelőségi Tanúsítás
 - Személyi kompetencia tanúsítás



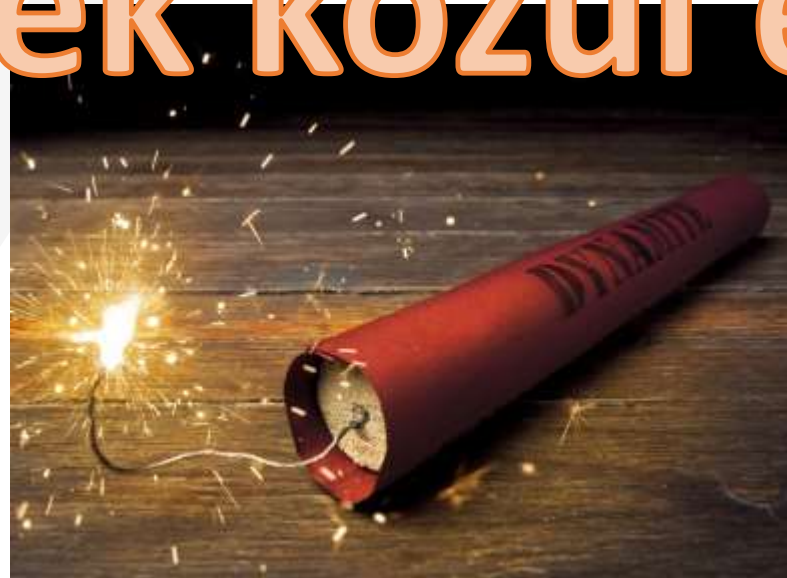
Témakörök

1. Milyen esetekben kell számolni ipari robbanások kockázatával?
2. A robbanás során lejátszódó fizikai és kémiai folyamatok
3. Mit tanulhatunk korábbi balesetekből?
4. Robbanás kialakulásának megakadályozása és az okozott károk csökkentésének lehetőségei
5. (Jó és rossz) példák a múltból és a jelenből

Robbanás-biztonságtechnika vagy Robbanásbiztonság-technika ???

Mi a robbanásbiztonság-technika, mint önálló szakág tárgyköre ?
Biztosan *nem* a “robbanás” vagy a “robbantás” biztonsága.

Tehát ezek közül egyik sem!



A robbanásbiztonság-technika tárgyköre

Alapvetően a **robbanásveszélyes anyagokkal kapcsolatos ipari technológiák** üzemelése, működtetése során felmerülő véletlen robbanási kockázat minimalizálása, illetve végső soron elkerülése.



A robbanásbiztonság-technika tárgyköre

Alapvetően a **robbanásveszélyes anyagokkal kapcsolatos ipari technológiák** üzemelése, működtetése során felmerülő véletlen robbanási kockázat minimalizálása, illetve végső soron elkerülése.

Miért kell külön foglalkozni vele ???

1. Mert láthatatlan veszélyforrást jelent, aminek katasztrófális következményei lehetnek. (*“Nos, van azért másféle veszélyes technológia is...”*)
2. Mert jogszabály (törvény) írja elő.



Példák tűz- vagy robbanásveszélyes anyagokra

Acetilén, hidrogén, propán, metán, etilén, ...

Dietiléter, dipentiléter, izopropilalkohol, ...

Alumíniumpor, vaspor, szénpor, fenolgyanta,
izoszorbid-mononitrát...

Benzin, aceton, metilalkohol, etilalkohol, ecetsav, ...

Búzaliszt, rizsliszt, kukoricakeményítő, sovány tejpor, ...



Hol találunk robbanásveszélyes technológiát?

- Gáztározók, bányászat, gáz és olajvezetékek
- Vegyi üzemek, petrokémia, műanyagipar
- Gyógyszeripar (porok és oldószeresek)
- Festékgyártás, festékfelhordás (festőfülkék, festőkabinok)
- Fémcsiszolás, műgyanták
- Élelmiszeripar (cukorfeldolgozás, lisztmalmok, fűszerek)
- Akkumulátortöltők
- Autóipari akkumulátorok, szigetelőfóliák, elektrolitfolyadékok gyártása
- ...

Ammónium-nitrát: $2\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow 2\text{N}_2 + \text{O}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$



1921 Oppau



2020 Beirut

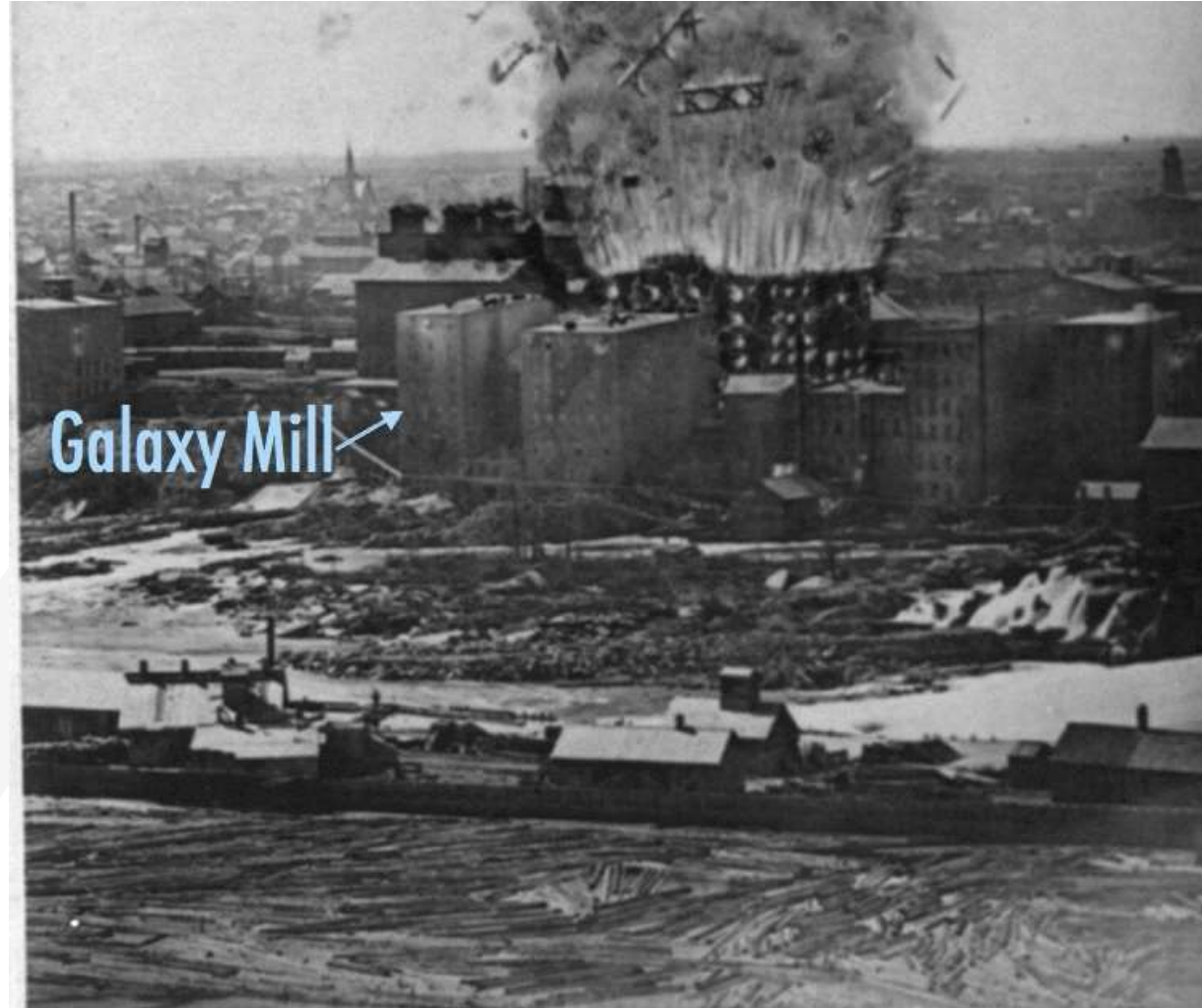


ExNB Tanúsító Intézet (ATEX Notified Body 2684)

Búzaliszt



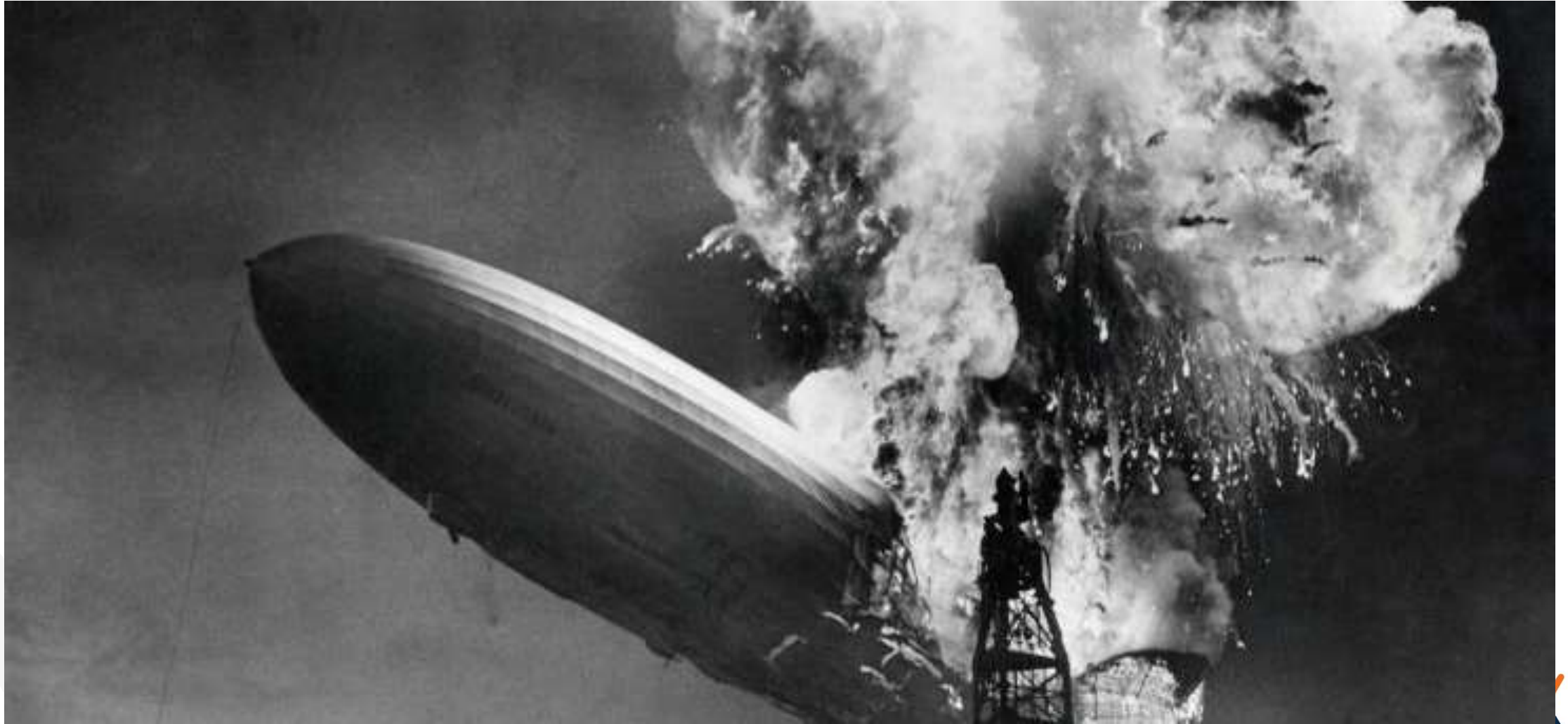
Washburn Mill in Minneapolis, Minnesota (May 1878)



Washburn Mill, 2010



Hidrogén





Mi a robbanás ?

Robbanóképes anyag



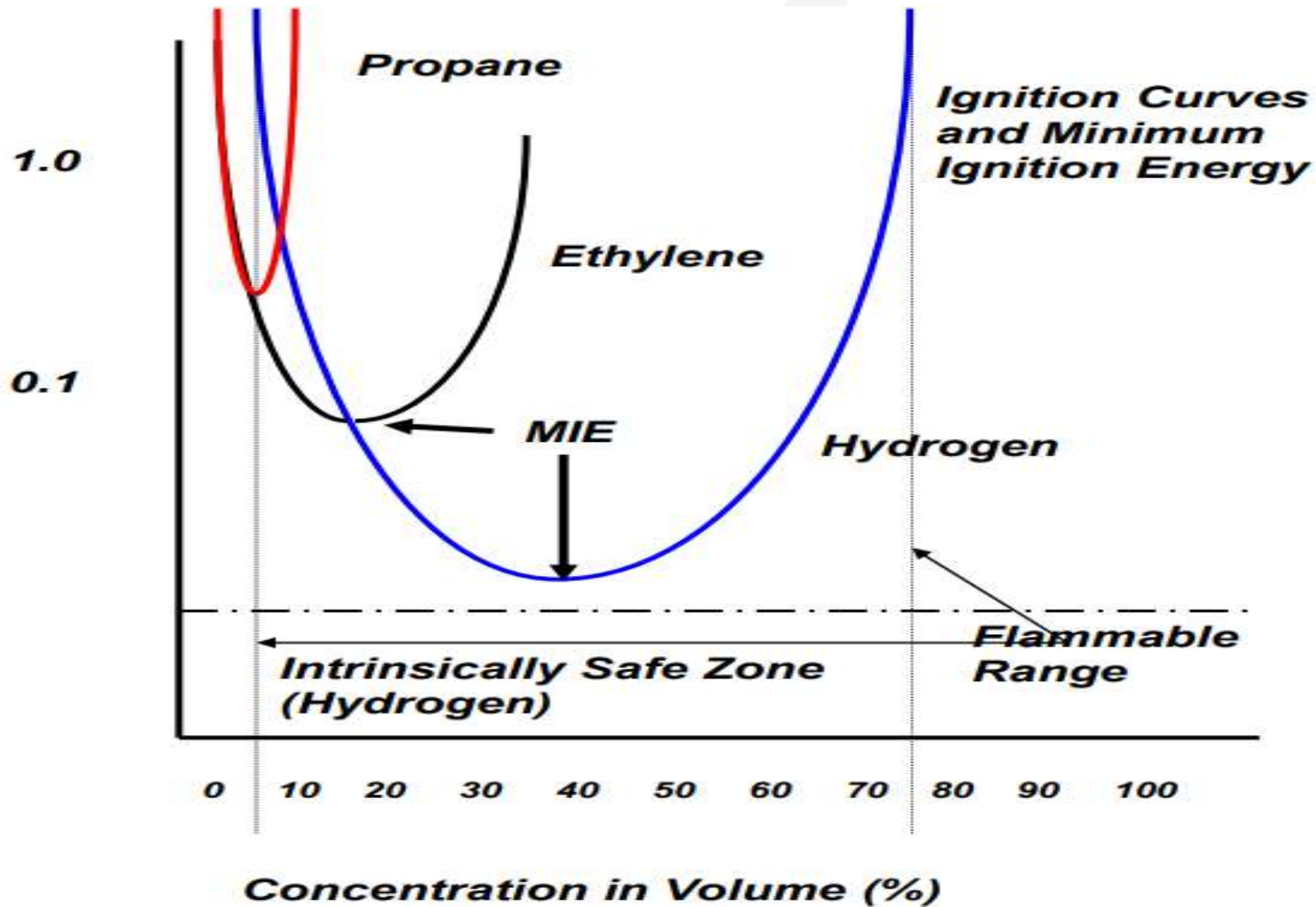
Oxidálószer

Gyújtóforrás

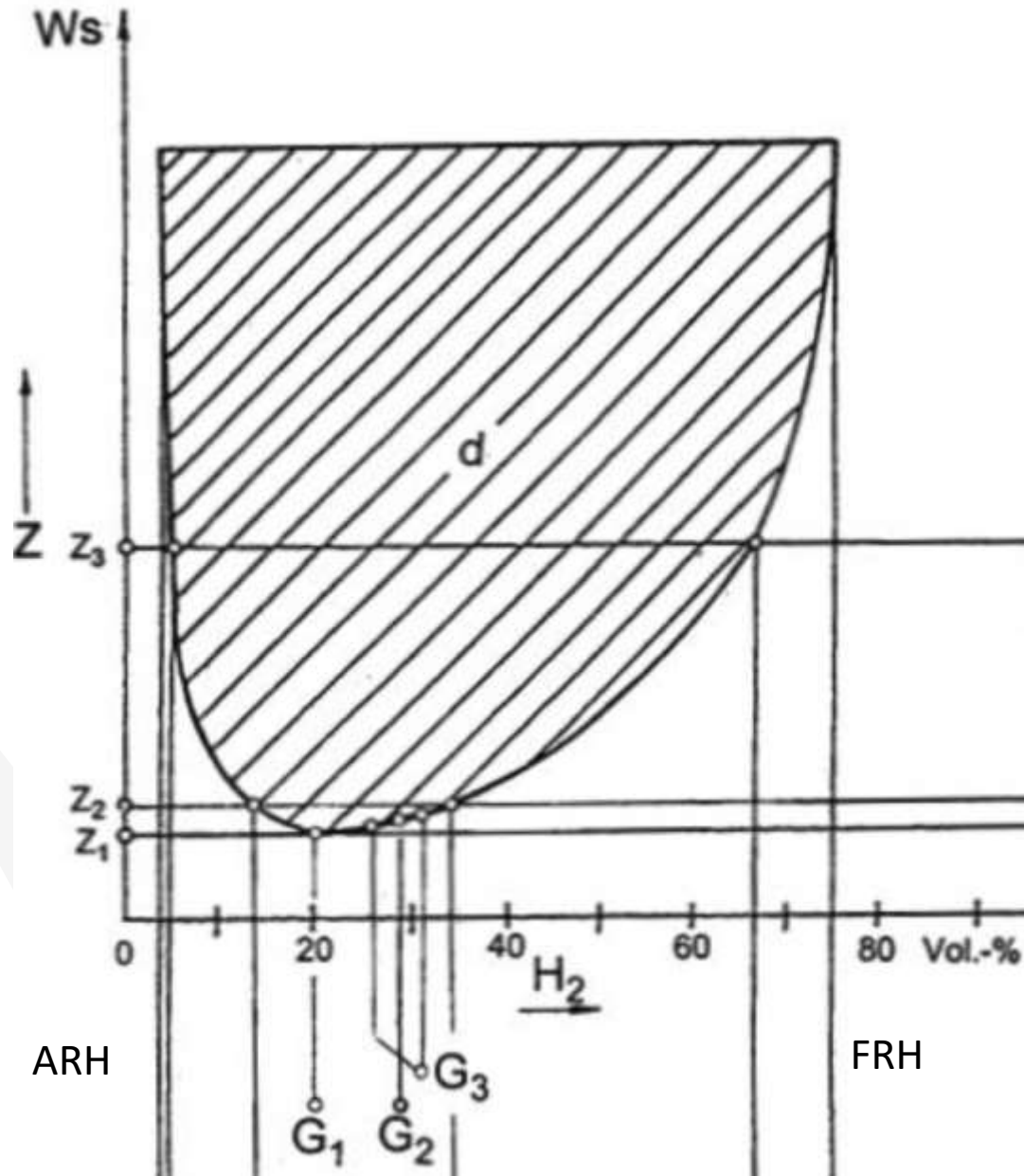
Gyors lezajlású exoterm kémiai oxidációs folyamat

Terjedési sebesség az égéshez képest jelentősen nagyobb: ~100-2000 m/s

Nem ide tartozik: fizikai robbanások (pl. forró vizes kazán, kályhában vizes szén)



H₂



- G1 – minimális gyújtási energiaértékhez tartozó koncentráció (21 V%)*
- G2 – sztoichiometrikus keverék (29,6 V%)*
- G3 – legbrizánsabb keverék (27-31 V%)*
- ARH – alsó robbanási határérték (4 V%)*
- FRH – felső robbanás határérték (77 V%)*

*minden esetben 21% oxigéntartalmú levegőre vonatkoztatva

Fogalmak:

Robbanásveszélyes atmoszféra

A robbanóképes atmoszféra levegő valamint éghető gázok, gőzök, ködök vagy porok, keverékéből áll, amelyben sikeres gyújtás után az égés az egész elegyre áttérjed

feltételek

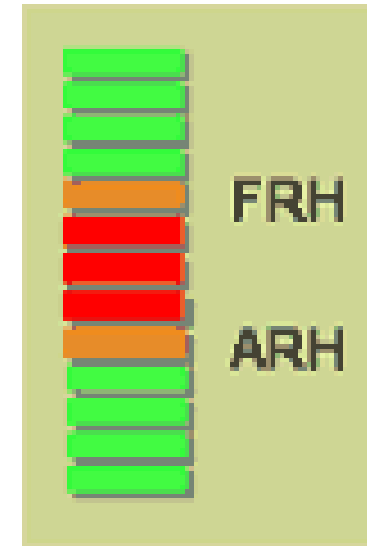
- 0,8 - 1,1 bar (légtörri nyomás)
- T (környezeti) = -20 °C - + 40 °C
- 21%-os oxigén tartalom

megjegyzés: a légtörri nyomáson megadott értékek különös jelentőséggel bírnak a későbbi robbanási fűcsoportok tekintetében - konstans értékeknek tekintjük

Jellemző értékek

ARH, FRH

- megadják az elegy gyújtóképes koncentrációjának határait;
- az alsó robbanási határérték alatt az elegy túl kevés éghető anyagot tartalmaz;
- az alsó és felső határértékek között az elegy robbanóképes;
- a felső határérték felett az elegy túl sok éghető anyagot és / vagy túl kevés oxigént tartalmaz;
- az ARH és az FRH értékét $\text{tf}\%$ -ban vagy g/m^3 -ben adják meg.



Minimális gyújtási energia – MIE

- Az a legalacsonyabb energiaszint, amely, kisülésekkor a gyúlékony robbanóképes atmoszférát, légköri nyomáson és szobahőmérsékleten még éppen meggyújtja.
- a gyújtószikramentes védelmi mód alapja

Minimális gyújtási áram – MIC

- Az a legkisebb induktív áramkörön átfolyó áramérték, amely megszakítása esetén a jelenlévő robbanóképes elegyet még meggyújtja.
- Dimenzótlan szám, mert a 99,9%-os tisztaságú metán gyújtási áramához viszonyított mennyiség.
- Az amerikai szabványok szerint ez az érték a minimális gyulladási energia alternatívája.

Anyag	Alsó robbanási (égési) határérték (ARH) [Vol %]	Felső robbanás (égési) határérték (FRH) [Vol %]	Minimális gyújtási energia (MIE) [mJoule]	MIC
Acetilén	2,3	100 (!)	0,017	0,28
Hidrogén	4,0	77,0	0,019	0,25
Propilénoxid	1,9	37,0	0,13	
Etilénoxid	2,6	100 (!)	0,062	0,47
Butadién	1,4	16,3	0,13	0,76
Etilén	2,3	36,0	0,07	0,53
Propán	1,7	10,9	0,25	0,82
n-Bután	1,4	9,3	0,26	0,94
Metán	4,4	17,0	0,28	1,00
...				

Lehetséges gyújtóforrások

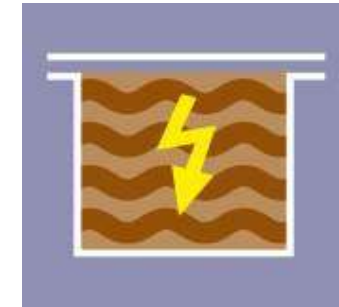
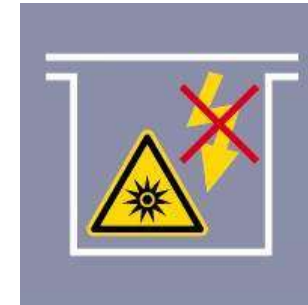
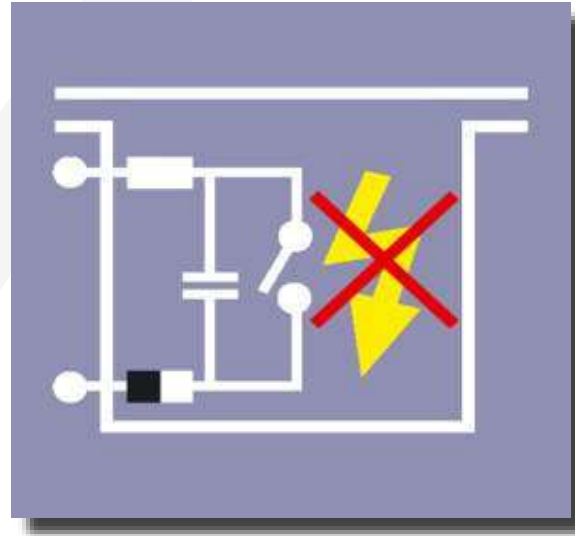
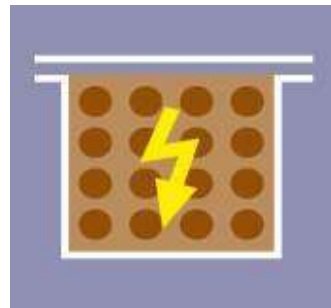
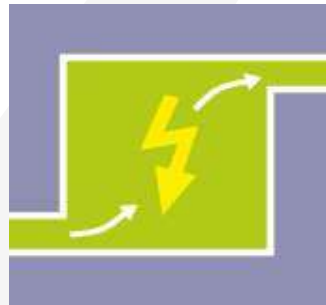
1. Forró felületek
2. Lángok és forró gázok (beleértve a forró részecskéket)
3. Mechanikai eredetű szikrák
4. Villamos gyártmányok
5. Villamos kóboráramok, katódos korrózióvédelem
6. Sztatikus elektromosság
7. Villámcsapás
8. Rádiófrekvenciás (RF) elektromágneses hullámok a 10 kHz-től 300 GHz-ig terjedő frekvenciatartományban
9. Elektromágneses hullámok a 300 GHz-től 3×10^{15} Hz-ig terjedő frekvenciatartományban (1mm IR...100nm UV)
10. Ionizáló sugárzás
11. Ultrahang
12. Adiabatus kompresszió és lökéshullámok
13. Exoterm reakciók, beleértve a porok öngyulladását



Védelmi módok, tervezési előírások



Védelmi módok melyik a megfelelő védelmi mód?



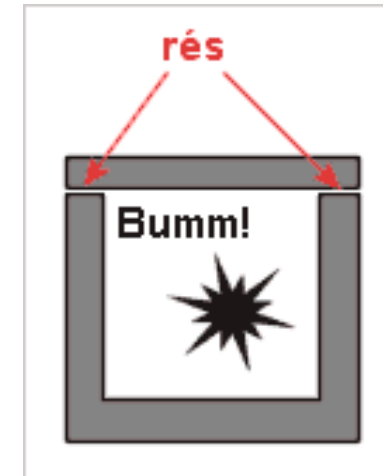
A védelmi módoknak a következő alapfeltételeknek kell megfelelni:

- konstrukciós kialakítás által, a robbanásveszélyes atmoszféra és gyújtóforrás érintkezését gátolja:
olaj alatti védelem, túlnyomásos védelem, kvarchomok alatti védelem, kiöntés
- a tokozat belsejében keletkezett robbanás nem terjed át a tokozatot körülvevő robbanásveszélyes atmoszférára
nyomásálló tokozás
- különleges kialakítással biztosítjuk, hogy gyújtóképes szikra vagy hőmérséklet nem lép fel
fokozott biztonság
- áramkörben az energiaszint korlátozásra kerül, úgy hogy gyújtóképes szikra vagy hőmérséklet nem léphet fel
gyújtószikramentesség

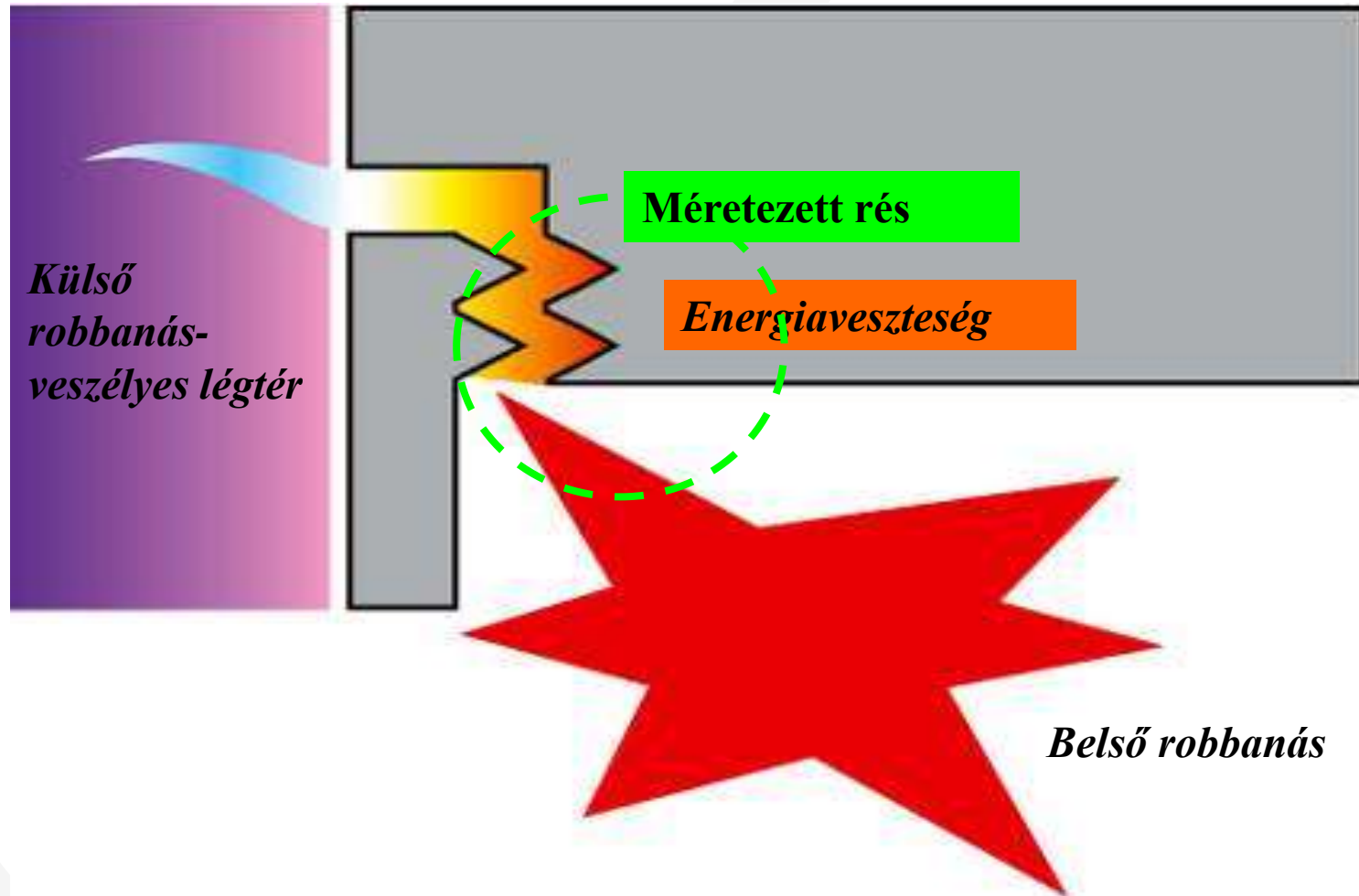
Kísérletileg meghatározott legnagyobb biztonságos rés

MESG

- Egy tokozat illeszkedő felületei közötti legnagyobb résméret, mely még megakadályozza, hogy a tokozat belső terében - rögzített feltételek mellett - létrejövő robbanás, a külső térre áttérjedjen.
- A nyomásálló védelmi mód alapja.



A lángáttrejedés elleni védelem mechanizmusa



Tokozatok lángáttérjedési megfelelősége



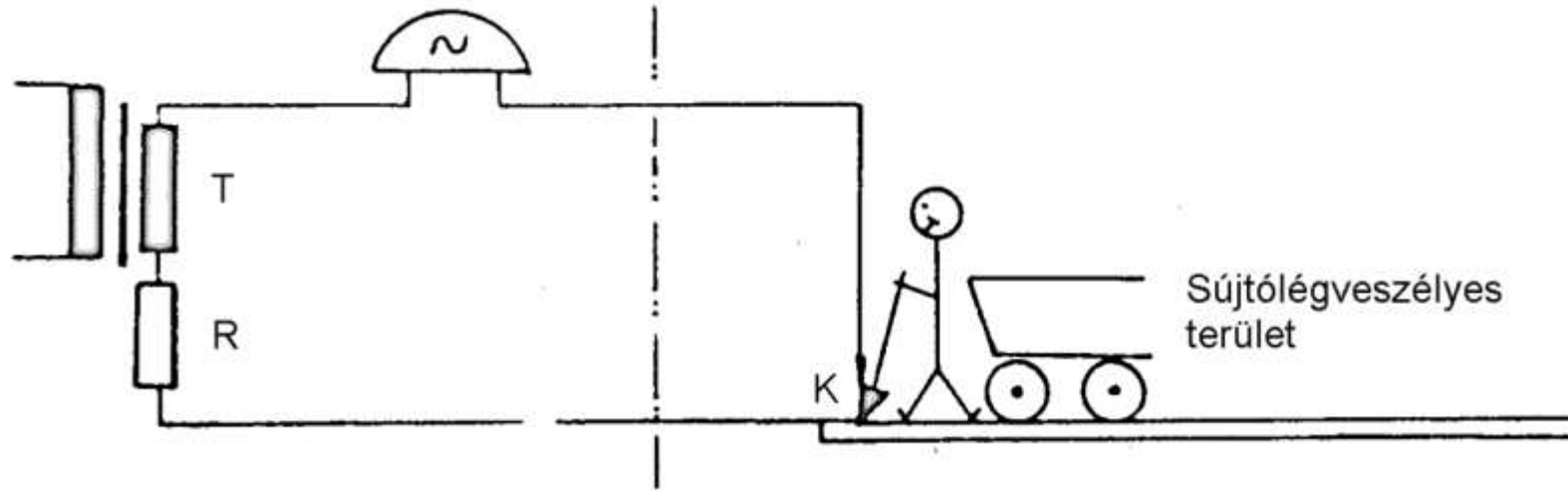
A megengedett rések mérete függ...

- a védendő térfogattól
- a rés kialakításától
- a rés hosszúságától
- a gáz robbanási tulajdonságától (MESG)

Például hidrogén esetén:

Az illeszkedés típusa		A legkisebb L réshosz- szúság mm	A legnagyobb résvastagság mm			
			Térfogat cm ³ V ≤ 100	Térfogat cm ³ 100 < V ≤ 500	Térfogat cm ³ 500 < V ≤ 2000	Térfogat cm ³ V > 2000
Peremes illeszkedés ^a		6	0,10	–	–	–
		9,5	0,10	0,10	–	–
		15,8	0,10	0,10	0,04	–
		25	0,10	0,10	0,04	0,04
Sík- hengeres illeszkedés (2.a ábra)	c ≥ 6 mm	12,5	0,15	0,15	0,15	–
	d ≥ 0,5 L	25	0,18 ^b	0,18 ^b	0,18 ^b	0,18 ^b
	L = c + d f ≤ 1 mm	40	0,20 ^c	0,20 ^c	0,20 ^c	0,20 ^c
Hengeres illeszkedés		6	0,10	–	–	–
Sík-hengeres illeszkedés (2.b ábra)		9,5	0,10	0,10	–	–
		12,5	0,15	0,15	0,15	–
		25	0,15	0,15	0,15	0,15
		40	0,20	0,20	0,20	0,20
Villamos forgógépek tengelyátvezetéseinek hengeres illeszkedése		6	0,15	–	–	–
		9,5	0,15	0,15	–	–
		12,5	0,25	0,25	0,25	–
gördülőcsapágyak esetén		25	0,25	0,25	0,25	0,25
		40	0,30	0,30	0,30	0,30

Védelem a szikraenergia korlátozásával:

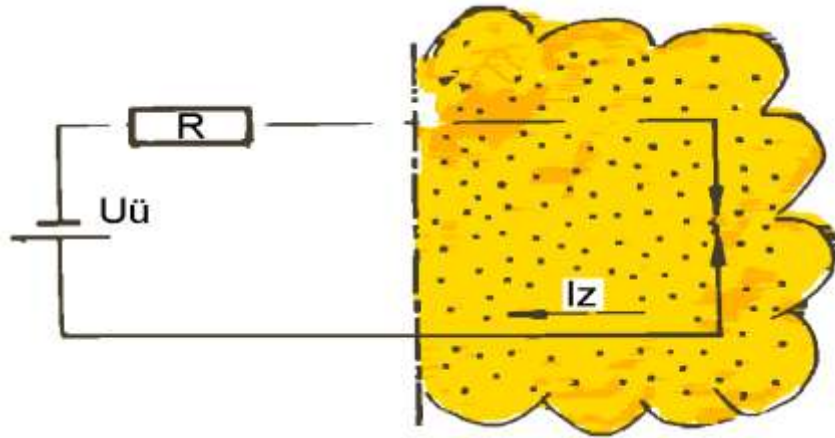


A gyújtószikramentes áramkörök őse

A gyújtószikramentes védelem, energiakorlátozott áramköri védelem:

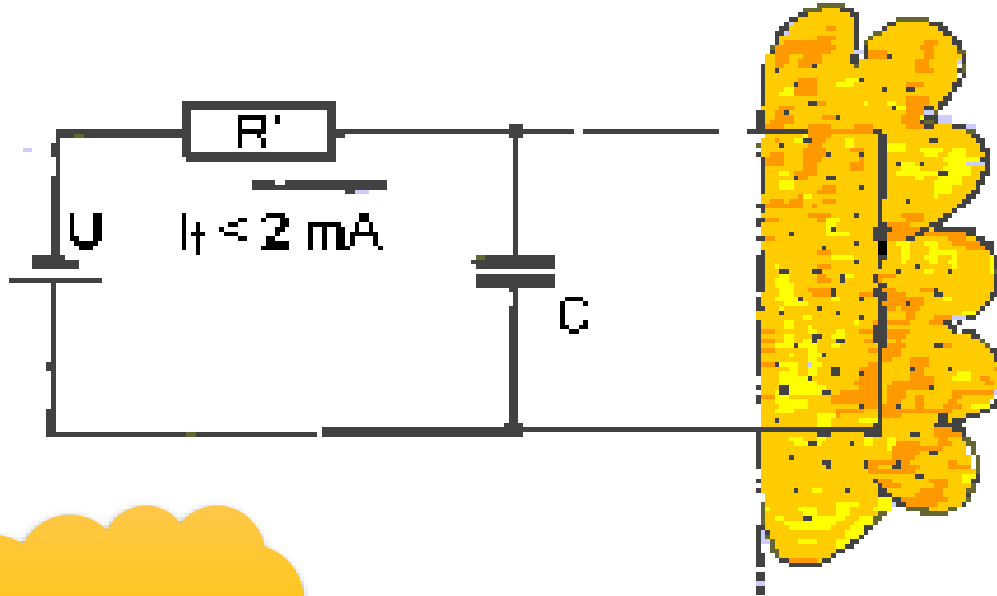
Olyan áramkör, amelyben a szabványban előírt feltételek között – ezek a normál üzemre és meghatározott hibaállapotokra terjednek ki – létrejövő semmilyen szikra vagy hőhatás nem képes az adott robbanóképes gázközeg gyújtását előidézni.

Ohmikus áramkör



$$I_z = U_{\ddot{u}}/R$$

Kapacitív áramkör



$$E = 1/2 \times C \times U^2$$

Pld. 16V maximális üzemi feszültségen egy 5 μ F SMD kondenzátor:

$$E = \frac{1}{2} CU^2 = 0,64 \text{ mJ} = \underline{640 \mu\text{J}} (!!!!)$$

Anyag	Alsó robbanási (égési) határérték (ARH) [Vol %]	Felső robbanás (égési) határérték (FRH) [Vol %]	Minimális gyújtási energia (MIE) [mJoule]	MESG [mm]	
Acetilén	2,3	100 (!)	0,017	0,37	IIC
Hidrogén	4,0	77,0	0,019	0,29	
Propilénoxid	1,9	37,0	0,13	0,70	IIB
Etilénoxid	2,6	100 (!)	0,062	0,59	
1,3-Butadién	1,4	16,3	0,13	0,79	
Etilén	2,3	36,0	0,07	0,65	IIA
Propán	1,7	10,9	0,25	0,92	
n-Bután	1,4	9,3	0,26	0,98	
Metán	4,4	17,0	0,28	1,12	
...					

Kapcsolat a résméret és a gyújtási energia között

résméret MESG [mm]	minimális gyújtási áram MIC [-]	Gázcsoport
> 0,9	> 0,8	IIA
0,5 ... 0,9	0,45 ... 0,8	IIB
< 0,5	< 0,45	IIC

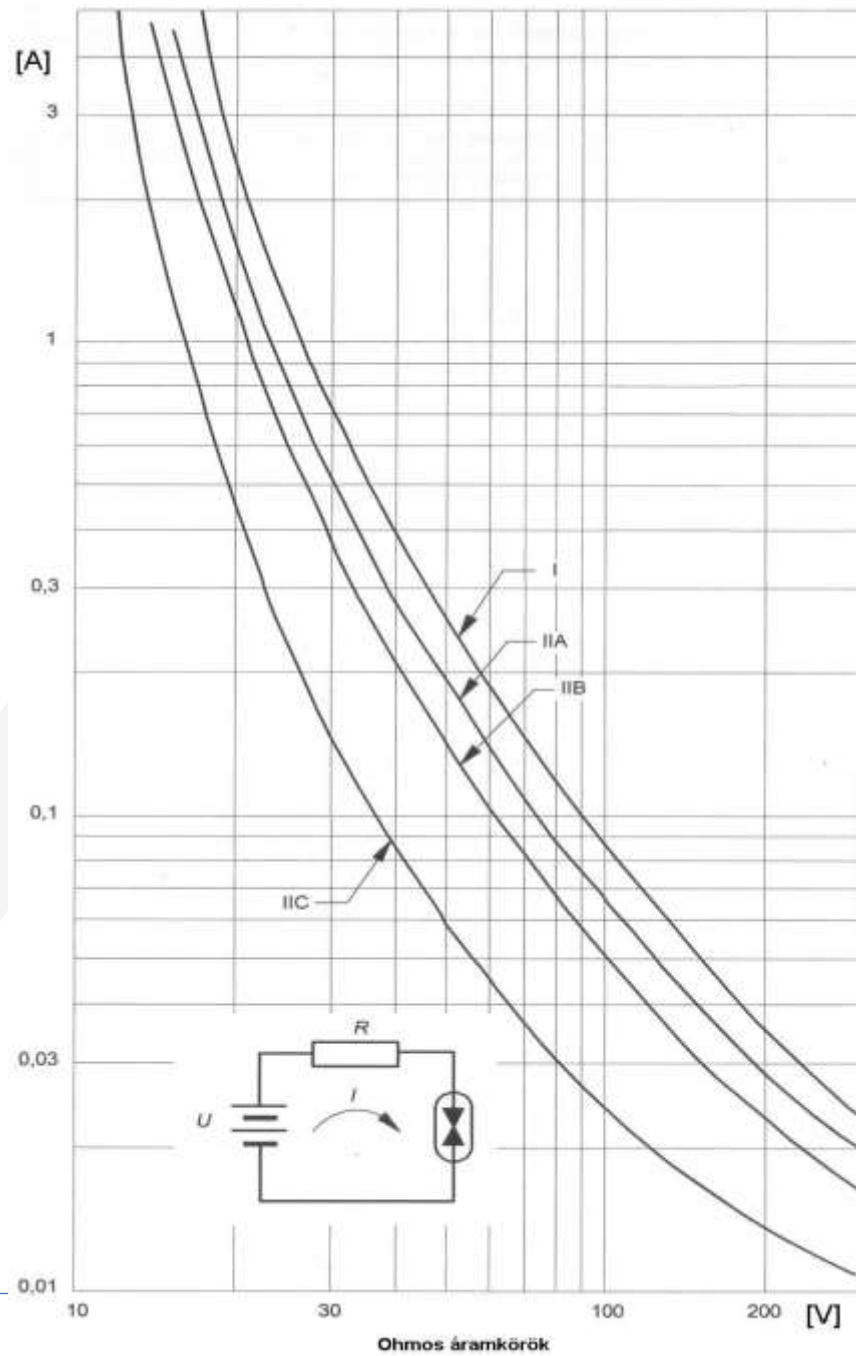
Ez a csoportosítás a nyomásálló tokozás és a gyújtószikramentes védelmi módnál egyformán érvényes:

Azok a készülékek, amelyek IIC alcsoportnak megfelelően vannak kialakítva, alkalmazhatóak IIB és IIA alcsoportban is. IIB alkalmazható IIA-ban.

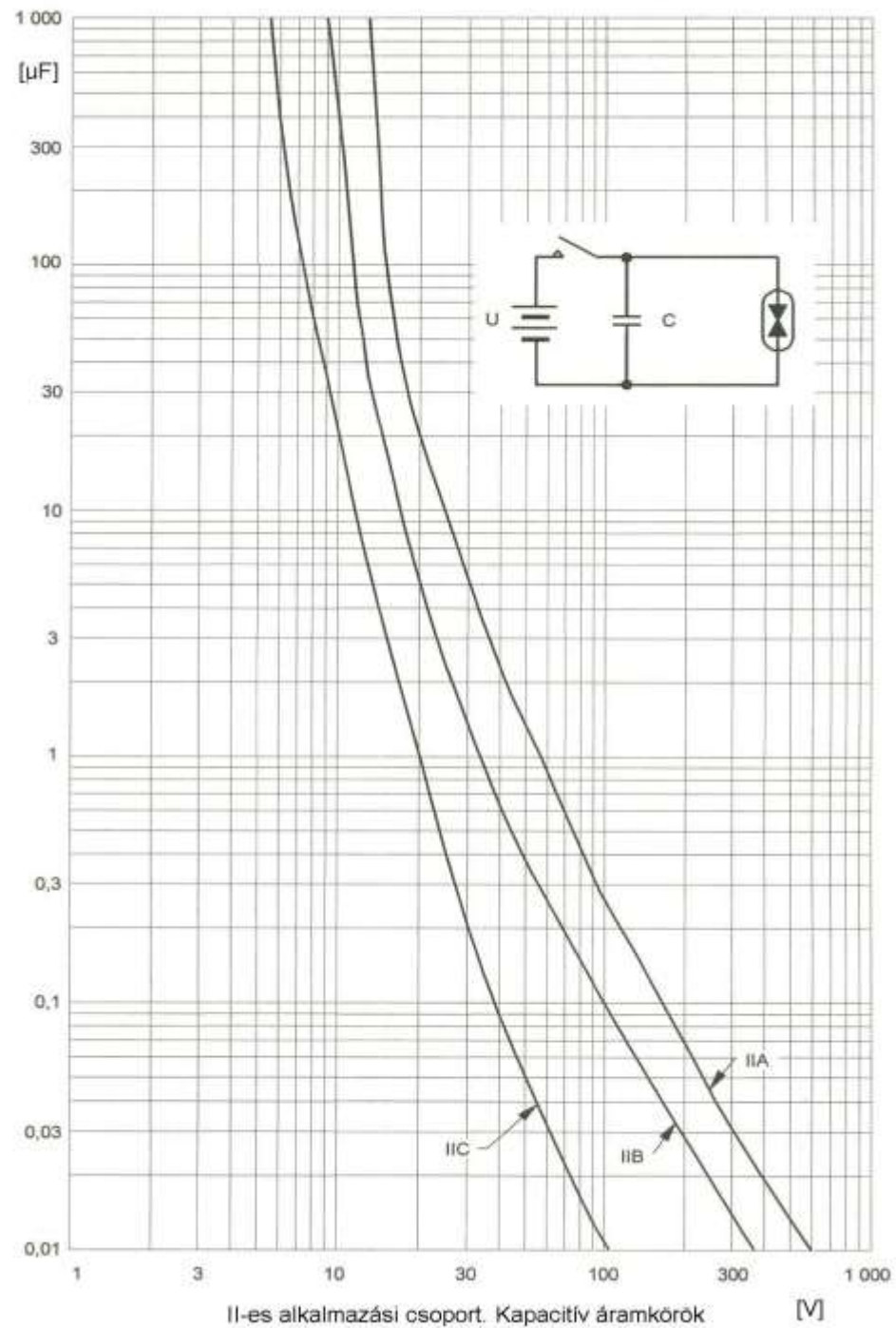
Bonyolult áramkörök esetén: *kísérletek*



IIA	5,25 ± 0,25 Vol % propán
IIB	7,8 ± 0,5 Vol % etilén
IIC	21,0 ± 2 Vol % hidrogén



Ohmos áramkörök



Porrobbanás-veszély



Nemzetközi statisztika

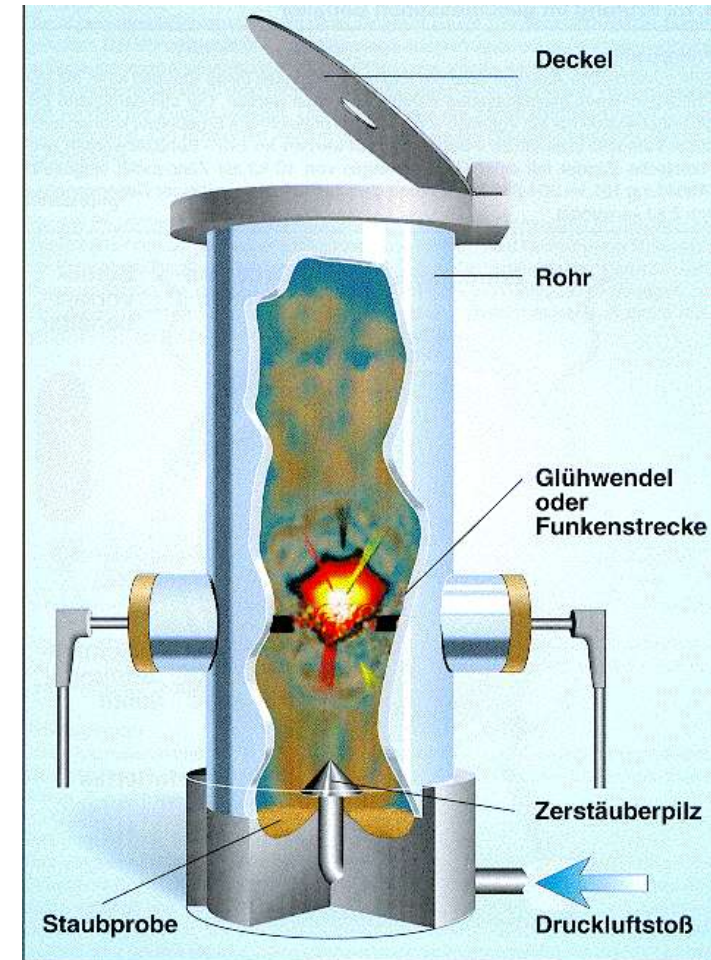
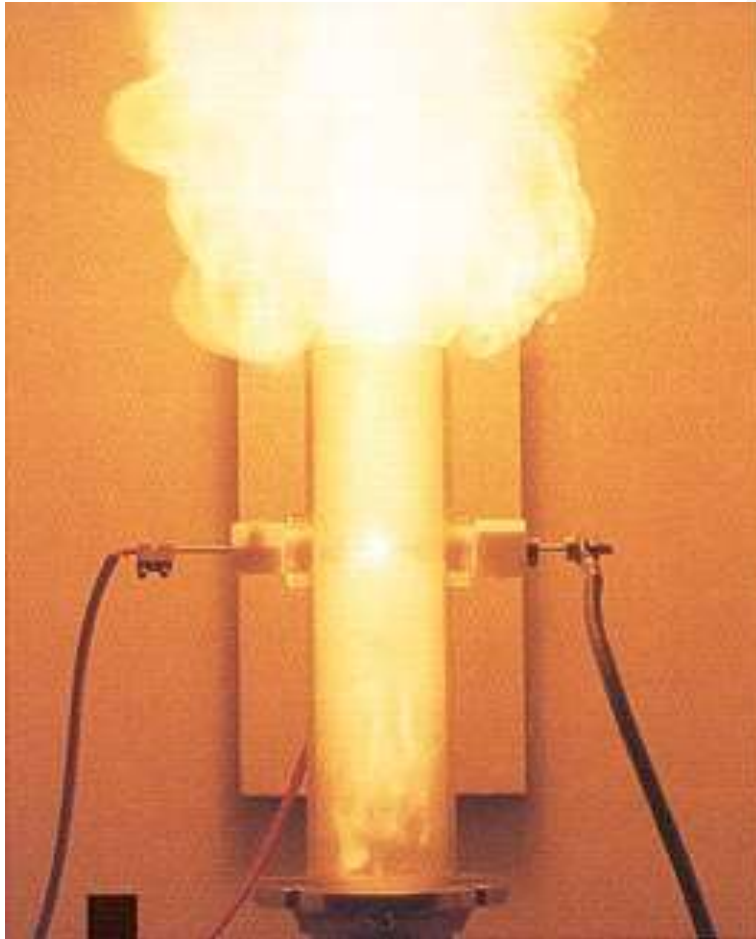
fa	34%
gabona	24%
műanyag	14%
szén	10%
fém	10%
papír	2%
egyéb	6%

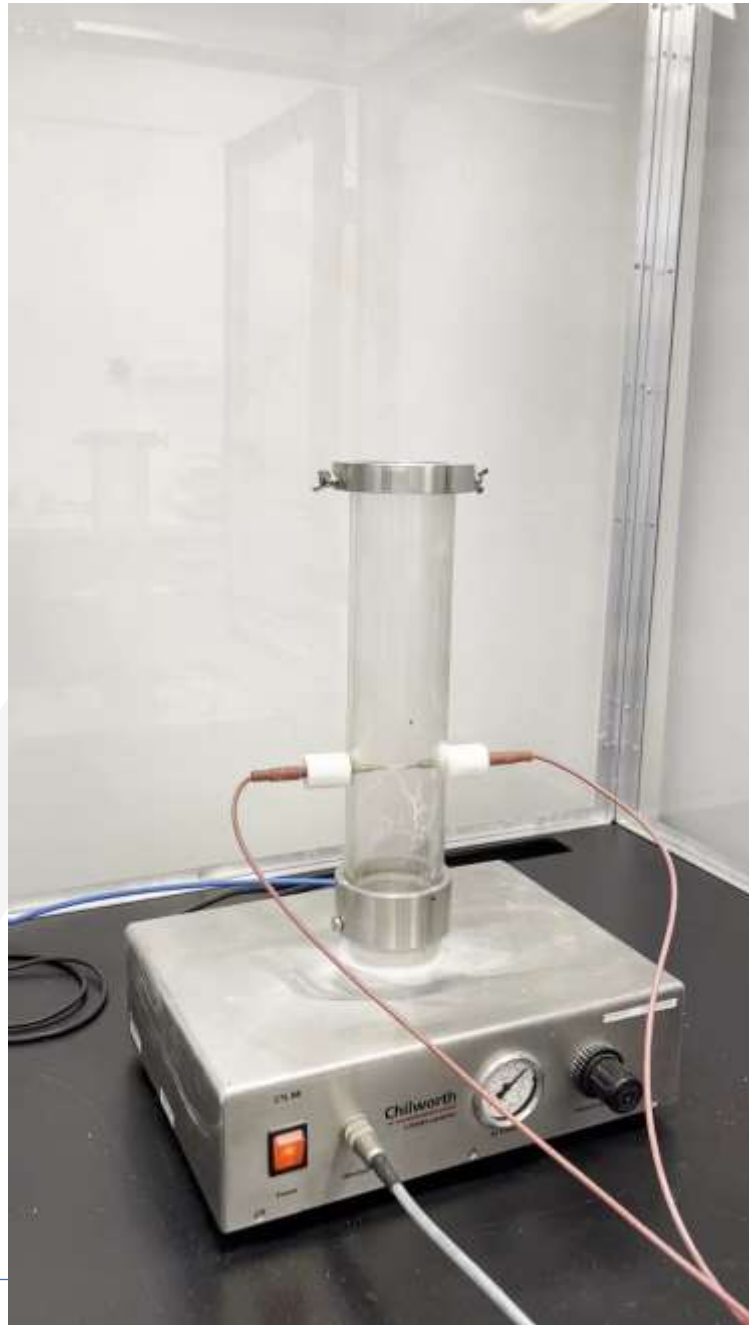
Minden 4. porrobbanás az élelmiszeriparban történik!

Porrobbanások lehetséges gyújtóforrásai

villamos berendezés	3,5%
ismeretlen	11,5%
izzópor	9%
statikus elektromosság	9%
súrlódás	9%
tűz	8%
forró felület	6,5%
öngyulladás	6%
hegesztés	5%
mechanikai szikra	30%
egyéb	2,5%

Minimális gyulladási energia (Hartmann-cső)





Gyulladási hőmérséklet

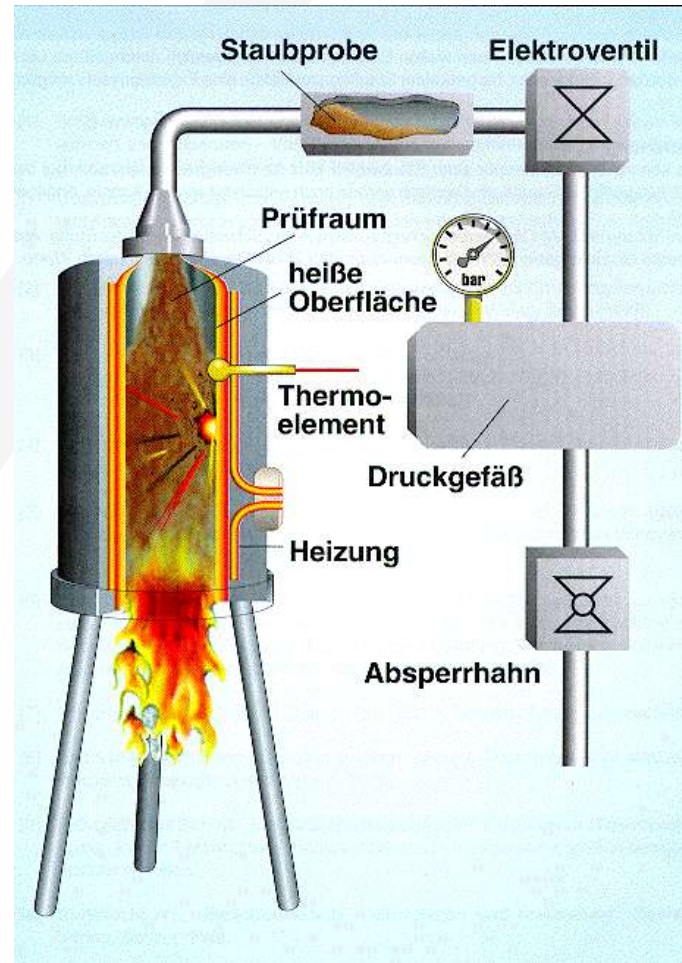
- por levegő elegy legalacsonyabb hőmérséklete, amelyen a felkavart por levegő elegy még meggyújtható

Izzási hőmérséklet

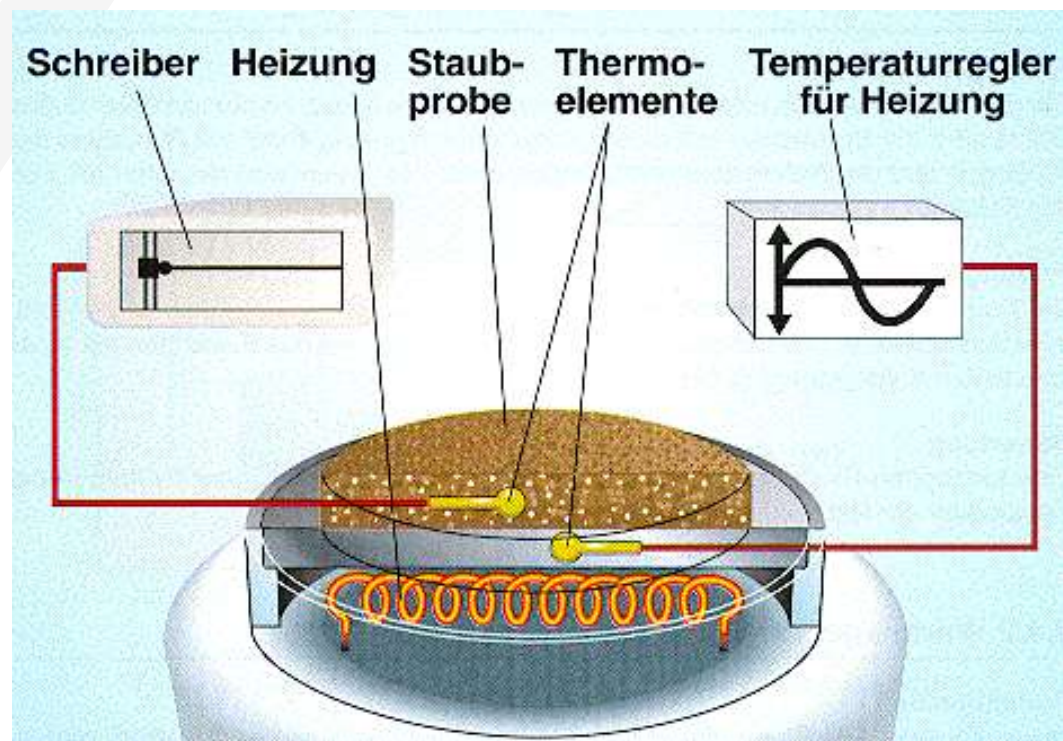
- éghető porok izzási hőmérséklete az a legalacsonyabb hőmérséklet, amelyen egy szabadon fekvő felmelegített felület egy 5mm vastag lerakódott porréteget még meggyújt



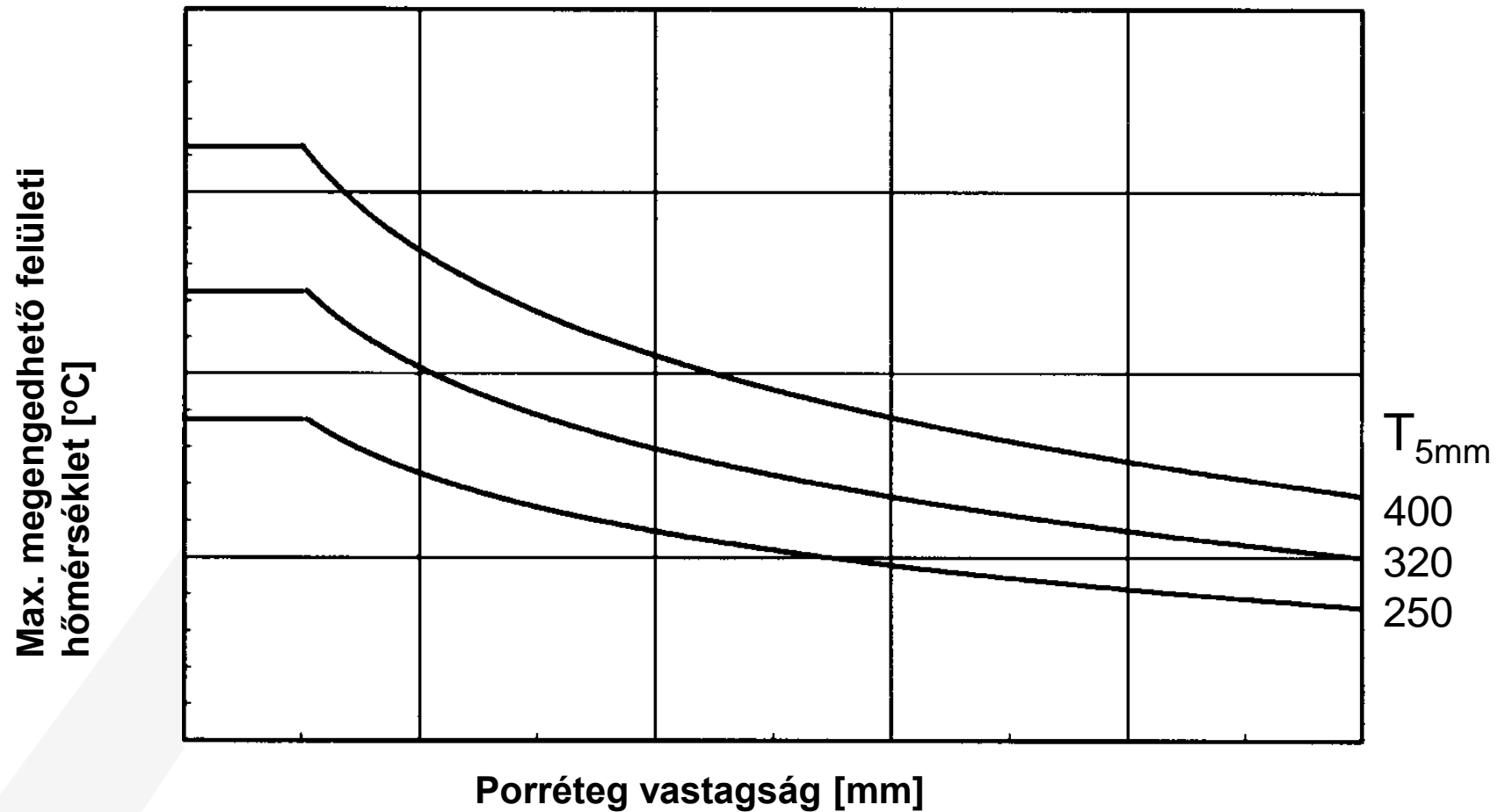
Gyulladási hőmérséklet T_{gyull}



Izzási hőmérséklet $T_{\text{izzás}}$



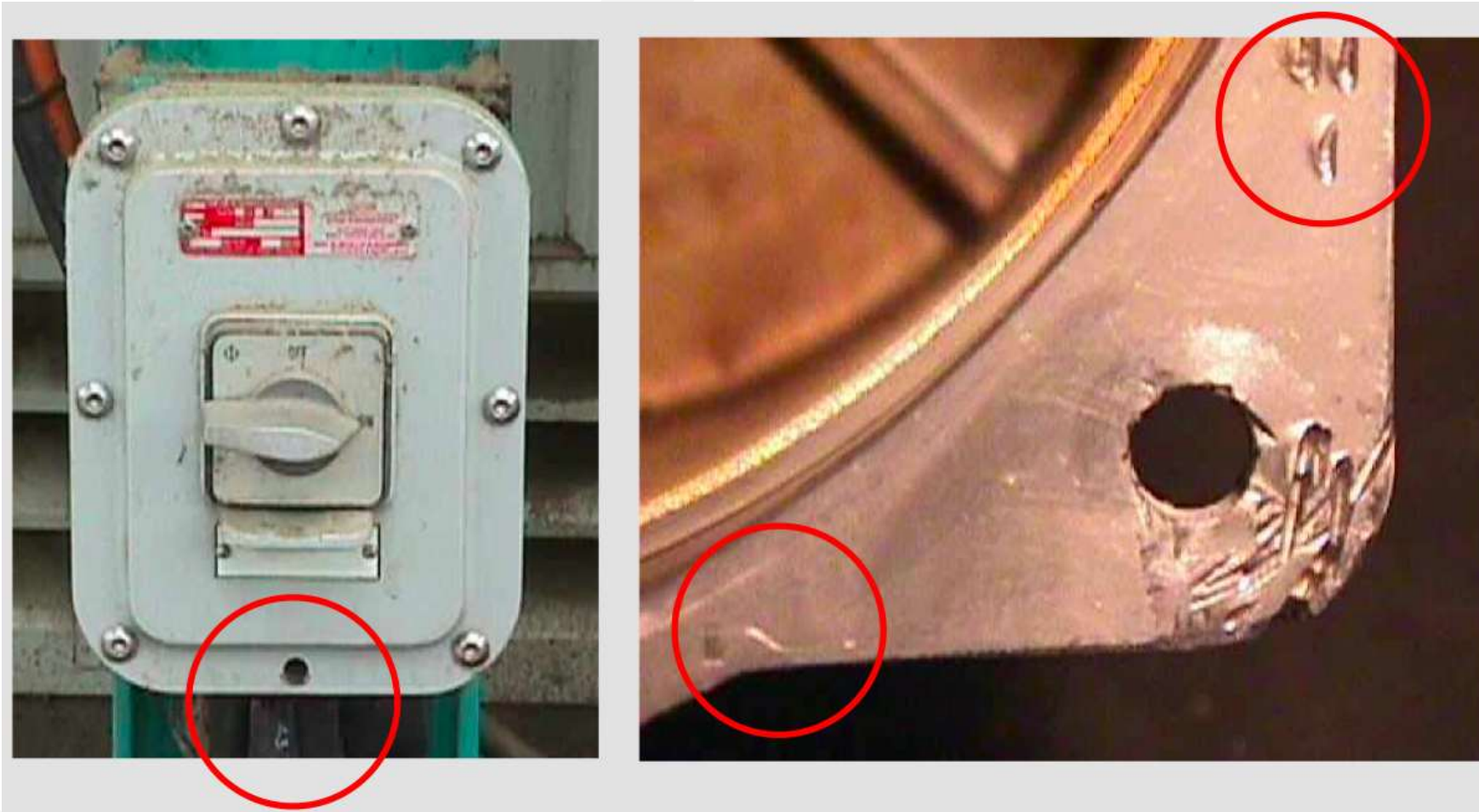
Maximálisan megengedhető felületi hőmérséklet a környezetében lévő porréteg vastagság függvényében > 5mm - 50mm

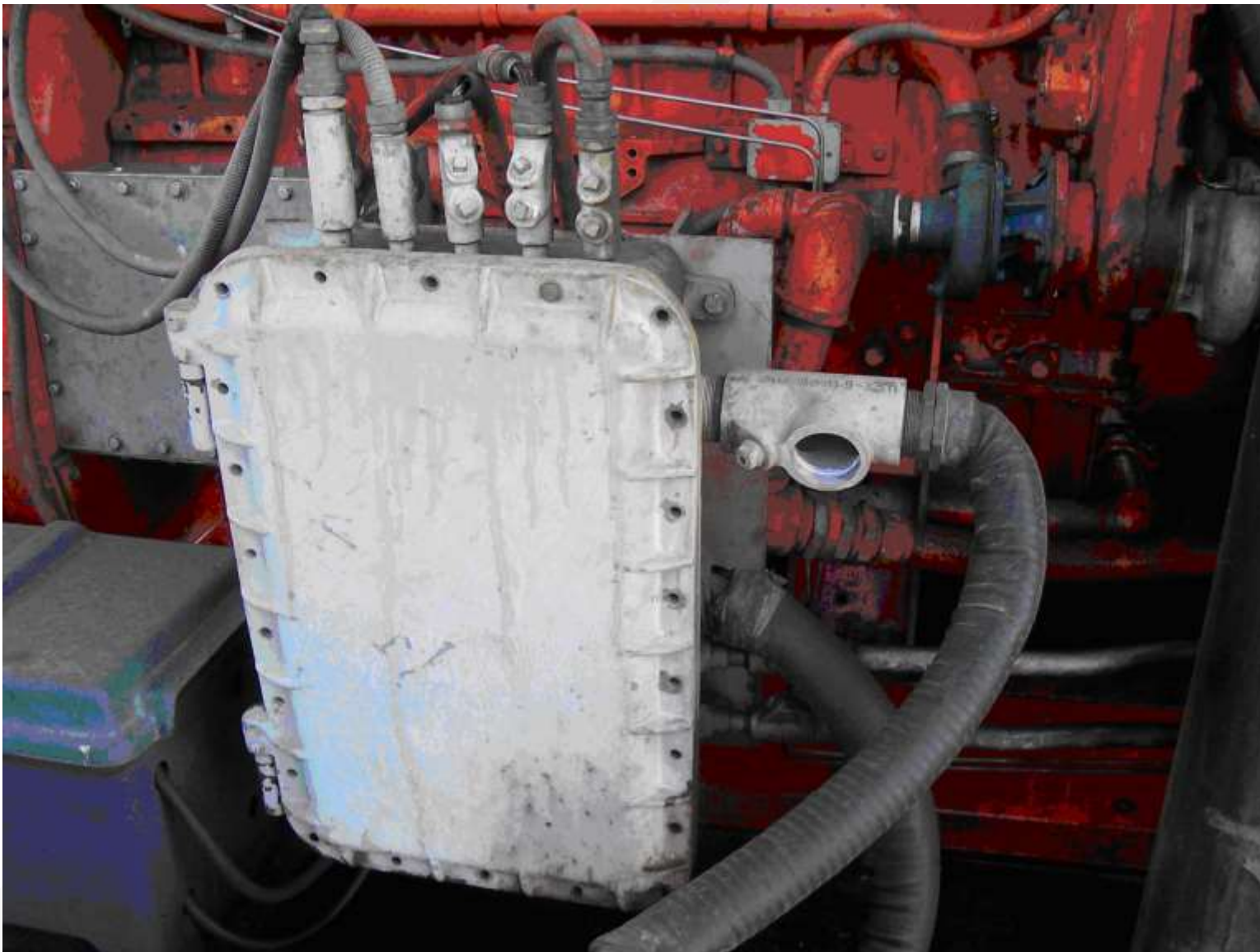


Jó és rossz példák múltból és jelenből...



Nincs sérülés ...?





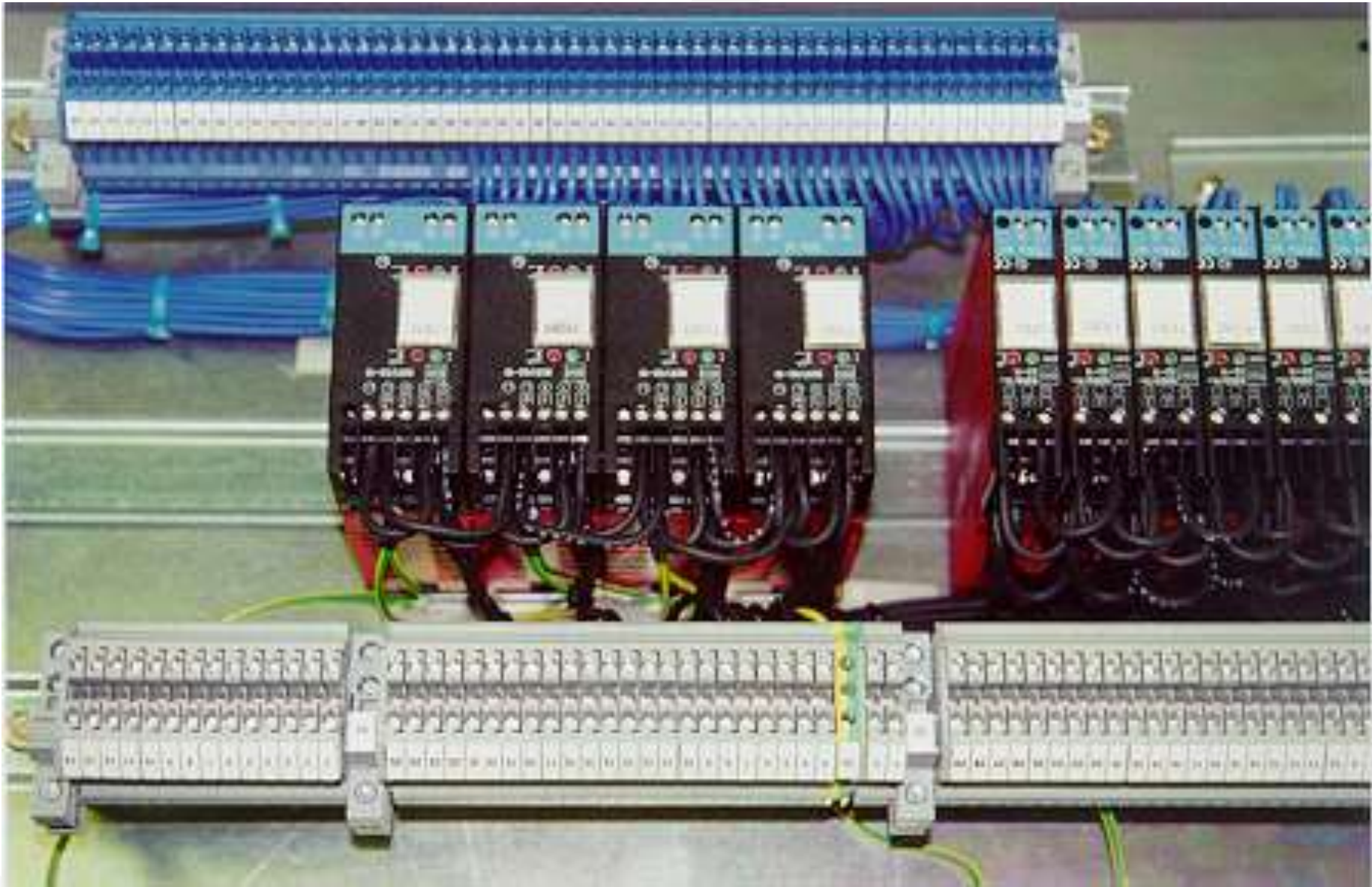


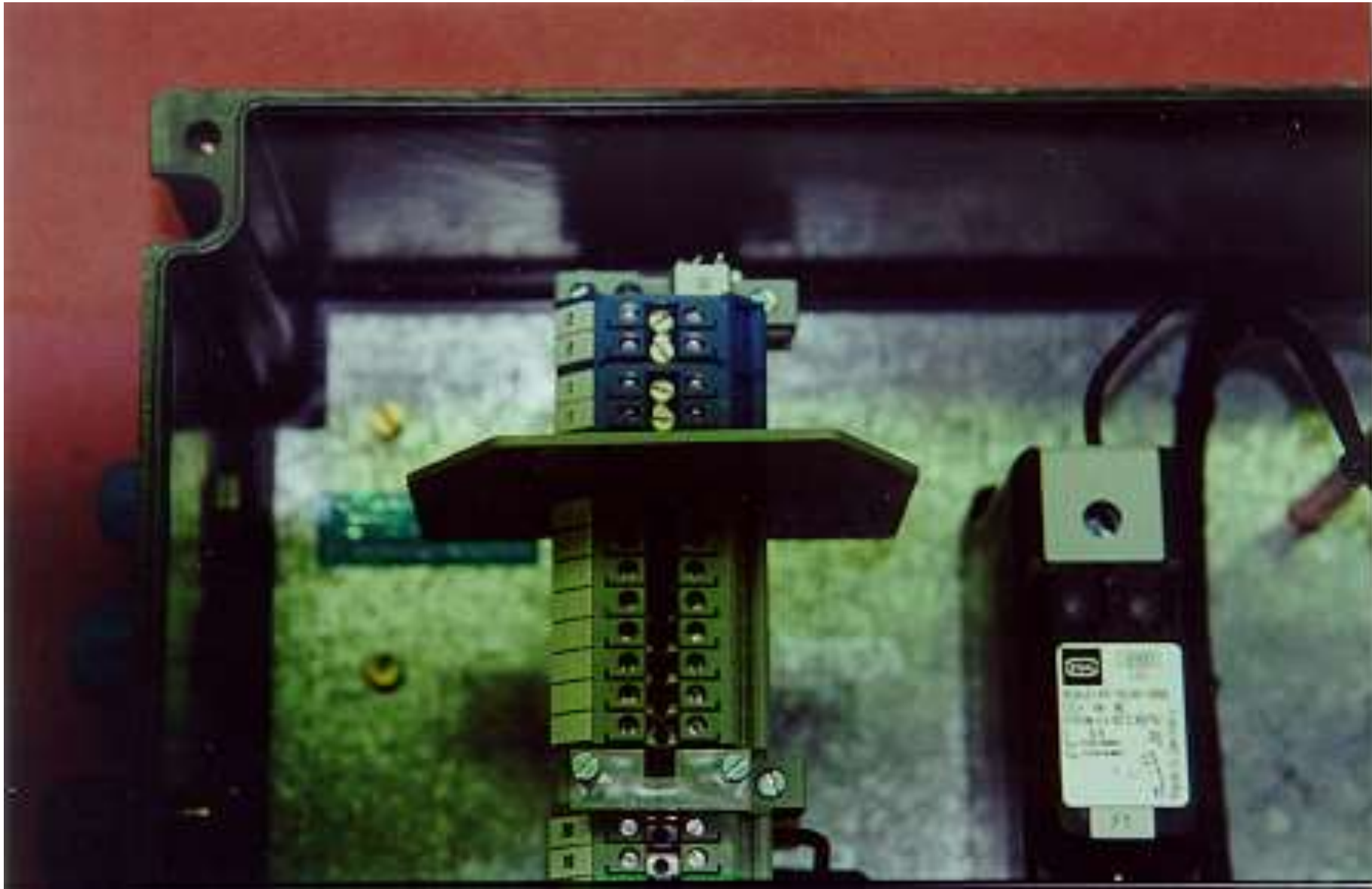


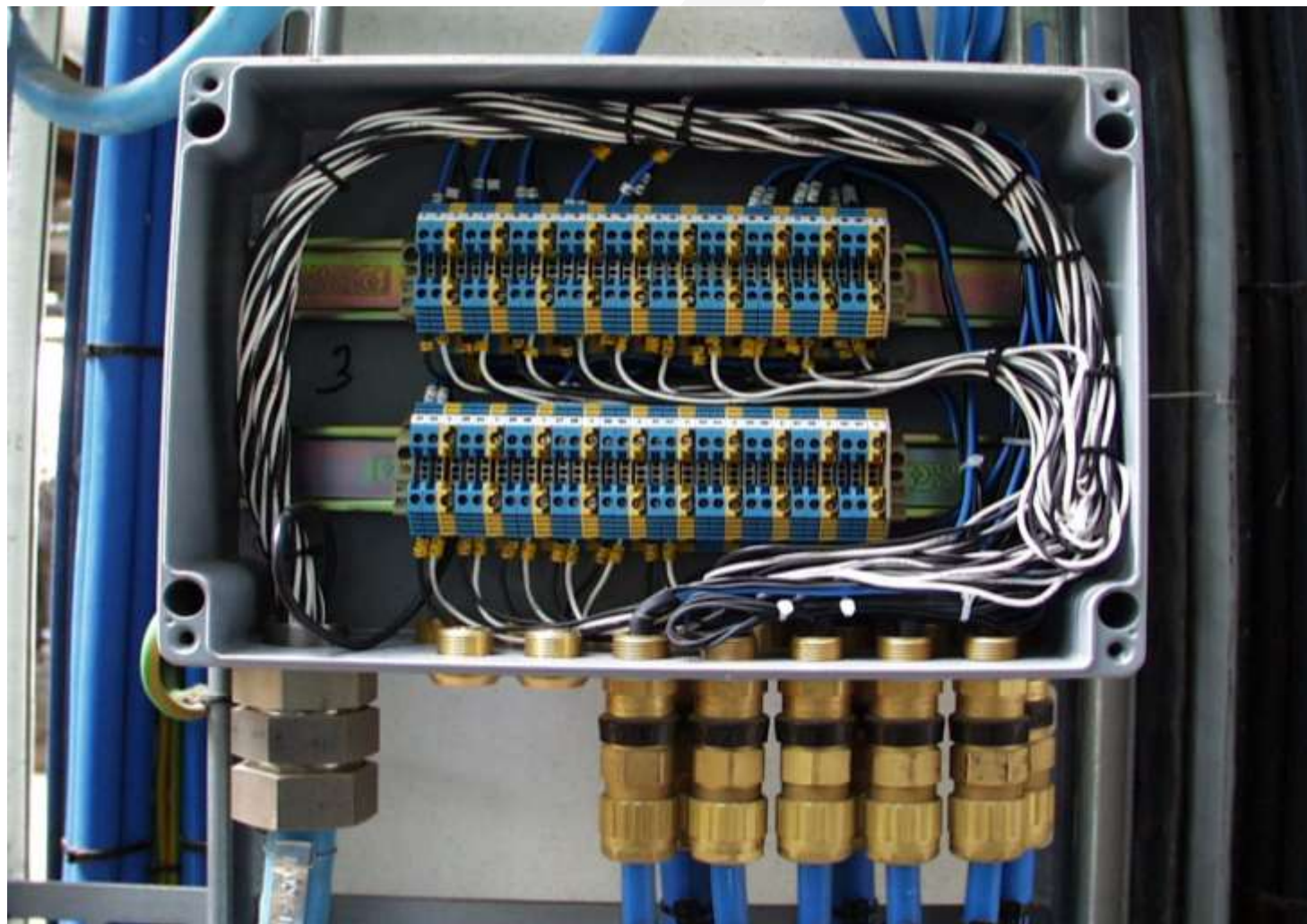




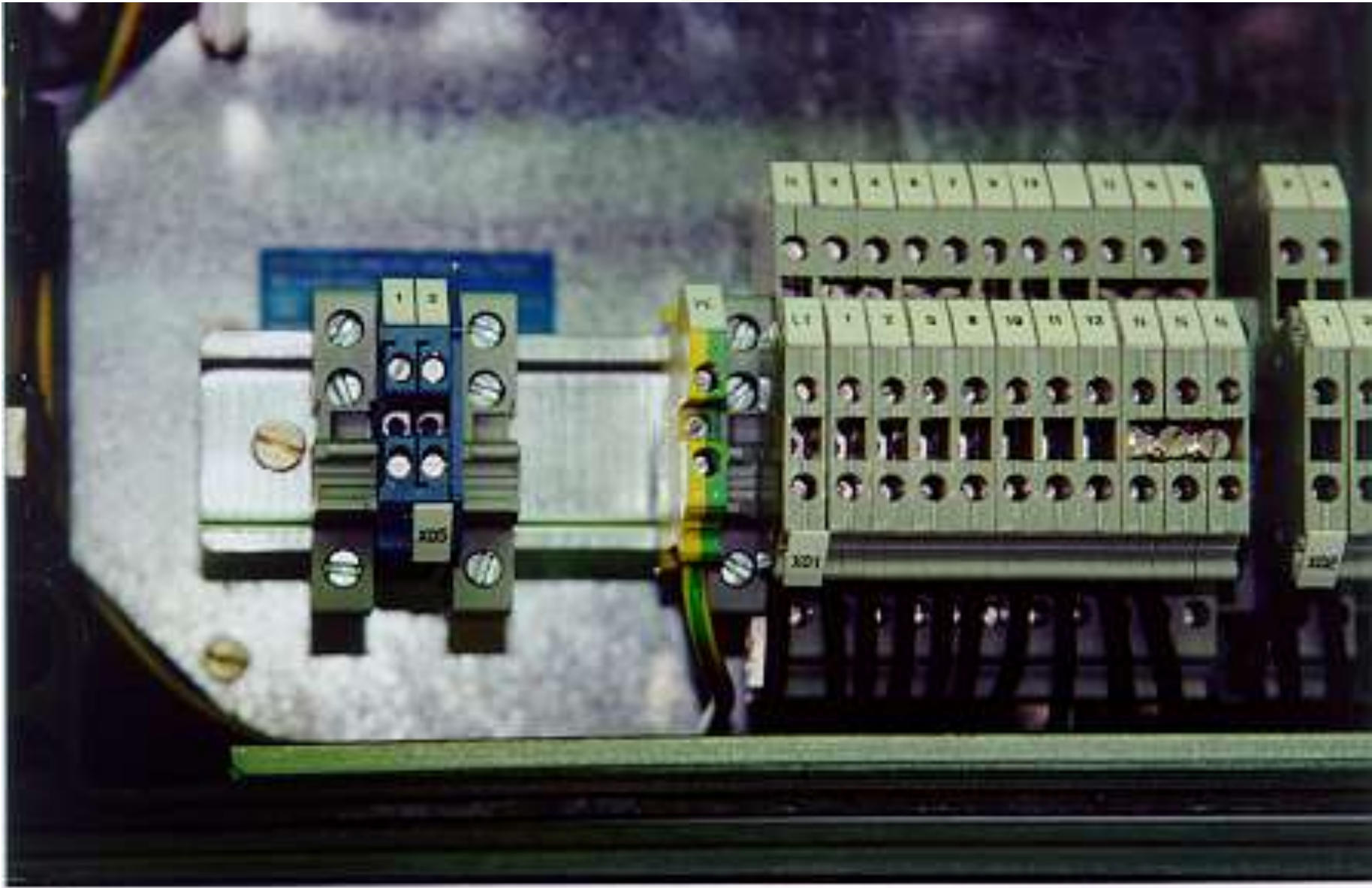








Gyűjtőszikramentes áramkörök csatlakozó doboza



Porlerakódás



Malom meghajtó
motor + kuplung



Köszönöm a figyelmet !



ExNB Tanúsító Intézet
1154 Budapest, Kozák tér 13-16.

info@exnb.eu
+36 20 354-2863



ATEX Direktíva (2014/34/EU, 35/2016 NGM rendelet) szerinti terméktanúsítás (villamos és nem villamos robbanásbiztonság-technika)

22/2009 ÖM rendelet szerinti Tűzvédelmi Megfelelőségi tanúsítás (1. melléklet, 6. pont: tűz- vagy robbanásveszélyes készülék, gép, eszköz, berendezés)



tankonyv@exnb.eu

