



Stínicí materiál – tvarovky **NEUTROSTOP**



Stínicí materiál – tvarovky NEUTROSTOP

• Použití:

- nukleární reaktory
- radioizotopy
- štěpný materiál
- radiace v lékařství

• Odstínění:

- rychlé neutrony
- tepelné neutrony
- gama záření

Nejvíce radiačních polí je kombinací různých druhů záření. Nejvýznamnější jsou rychlé neutrony, tepelné neutrony, primární a sekundární gama záření. Stínicí materiál je určen ke snížení radiace na přípustnou míru.

- **Rychlé neutrony** lze neefektivněji stínit vodíkem. Z tohoto důvodu je výhodné stínění tvarovkami NEUTROSTOP, které obsahují vodík v maximální míře. Rychlé neutrony jsou zpomalovány tepelnou energií vznikající při srážkách s atomy vodíku.
- **Tepelné neutrony** mohou být účelně odstíněny příměsí např. bóru, lithia nebo kadmia v stínicím materiálu.
- **Sekundární gama záření** vzniká při zachycování tepelných neutronů vodíkem. Toto záření může být minimalizováno přítomností prvků jako je bór nebo lithium ve stínicím materiálu.

• Technický popis:

1) základní tvary stínicích tvarovek jsou:

- tvar H (označení H)
- tvar C (označení C)
- podle požadavků zakazníka možnost speciálních výrobků (úprava frézováním)

2) stínicí tvarovky NEUTROSTOP jsou vyráběny za tří základních materiálů:

- čistý polyetylen (označení 0)
- polyetylen s příměsí 3,5 % bóru (označení 3)
- polyetylen s příměsí 5 % bóru (označení 5)

Např.: NEUTROSTOP C0 je tvarovka typu C vyrobená z čistého PE.

• Tvarovky z čistého polyetylénu

Pro svoje mechanické, fyzikální i chemické vlastnosti je polyetylen obzvláště vhodný k použití pro stínění proti neutronům. Polyetylen lze vyrábět ve vysokém stupni čistoty, takže neobsahuje prvky, které by neutrony aktivovaly, povrch výrobků z polyetylénu je hydrofobní, lze jej při eventuelní kontaminaci snadno očistit. Kontaminovatelnost povrchu tvarovek je nízká, rovněž dekontaminační faktor NEUTROSTOPU je velmi příznivý. Z hlediska fyzikálního se polyetylen jako základní materiál vyznačuje vysokým obsahem vodíku, který se podílí na stínicím procesu. Koncentrace vodíku v polyetylénu je téměř shodná s koncentrací vodíku ve vodě, proto jsou stínicí vlastnosti samostatného polyetylénu prakticky stejné jako u vody.

• Konstrukce stínicích stěn

Nejjednodušší sestavou jsou stěny z tvarovek tvaru C. Tvarovky H umožňují v kombinaci s tvarovkami C výstavbu kompaktních stěn i bloků. Nová soustava umožňuje i sestavy dutých útvarů s prostupy do vnějšího prostoru bez jakýchkoliv pomocných podpěrných konstrukcí. • Sestavené stínicí útvary lze kombinovat s nepravidelnými prostory dosypaným granulátem z kompozice s přídavkem bóru nebo s individuálními tvarovkami zhotovenými mechanickým obráběním tvarovek pro tento účel vyrobených.

• Vlastnosti stínění tvarovkami NEUTROSTOP

Při používání NEUTROSTOPU může dojít vlivem velkých dávek záření alfa nebo gama nebo vlivem silného toku neutronů k radiačním změnám. Tyto změny mohou být v podstatě trojího druhu:

- změna obsahu bóru během ozařování neutrony
- rozklad polyetylénu při velkých dávkách záření alfa nebo gama
- rozklad polyetylénu uvolněním tepla při brždění záření alfa

Jak bylo prokázáno, stínicí vlastnosti NEUTROSTOPU zůstanou zachovány během nepřetržitého pětiletého ozařování tokem neutronů až do cca 10^{16} m²sec⁻¹ a chemické složení zůstane stejné. Během ozařování sice dojde k jistému ochuzení izotopů způsobující absorpci neutronů a k malým změnám technických vlastností polyetylénu. Tyto změny jsou z hlediska technického zanedbatelné. • Fyzikální a elektrické vlastnosti odpovídají běžným hodnotám pro polyethylen a podobají se vlastnostem parafínu, např.: energetický dekrement je 0,9. Bod tání použitého polyethyleny je 100 °C. Kontaminovatelnost NEUTROSTOPU byla stanovena expozicí vzor-

• Tvarovky z polyetylénu s přídavkem bóru

Kromě tvarovek z čistého polyetylénu jsou běžně dodávány tvarovky z kompozic sestávající z polyetylénu s přídavkem 3,5 % nebo 5 % bóru. Většinou je požadován jen materiál s bórem, avšak při sestavách mohutných stínění je účelné kombinovat levnější tvarovky z čistého polyetylénu k zpomalování rychlých neutronů. Použití bóru jako přísady má nevýhodu, která obvykle není na závadu; při záchytu elektronů vzniká okamžitě záření gama 478 keV. • Při silných neutronových zdrojích je proto nutné odstínit toto záření obvyklým způsobem.



Ukázka tvaru C



Ukázka tvaru H

ků v roztoku, obsahujícím $1 \cdot 10^{-3}$ valu dusičnanu eutropitého v 1l vody, který byl označován izotopy 152 a 154 Eu. Po přepočtu nosiče na uvedené radioizotopy byla zjištěna kontaminovatelnost uvedená v tabulce:

stínění s polyetylénem	18 GB q/m ²
stínění s polyetylénem a bórem	29 GB q/m ²
nízkolegovaná ocel	13000 GB q/m ²
nerezavějící ocel 17 246	8,3 GB q/m ²
nerezavějící ocel 17 255	2,0 GB q/m ²

Při dekontaminačních zkouškách standardním roztokem obsahujícím $1 \cdot 10^{-2}$ valu kyseliny citrónové v 1l vody byly zjištěny tyto dekontaminační faktory:

stínění s polyetylénem	21,1
stínění s polyetylénem a bórem	15,8

Metrologický ústav v Bratislavě provedl měření stínícího účinku tvarovek NEUTROSTOP za použití radionuklidového zdroje neutronů ²³⁹PuBe s emisí $2,7 \cdot 10^7$ s⁻¹ typ IBN-26 se střední energií spektra 4,4 MeV.

Z výsledků vyplývá, že tvarovky plněné bórem mají cca 10x větší zeslabovací schopnost, než tvarovky z čistého PE.

Stínící schopnost tvarovek pro rychlé neutrony není závislá na obsahu bóru. Dále z naměřených hodnot vyplývá, že vrstva PE tvarovek o síle 44 cm sníží tok rychlých neutronů 100x a vrstva o síle 90 cm až 1000x.

• REFERENCE:

- AGMECO – lékařská technika s. r. o. – Turkova 828, 14900 Praha 4 – Chodov, Česká republika
- CERN – (European Organization for Nuclear Research) – Geneve 23, Switzerland
- Experience EDELWEISS – 90 Rue de Polset, 73500 Modane, France
- EL Malines Depot – Bureau Aankopen, Leuvensesteenweg 30, BE - B-2800 Mechelen, Belgium
- Flerov Laboratory Moscow – Joliot – Curie 6 str., Dubna, Moscow reg., Russia
- Forschungszentrum Rossendorf, z.Hd.Dr.G.Brauer, Bautzner Landstr. 128, 01328 Dresden, OT Rossendorf, Germany
- Groupe Manoir-Edelweiss (Institut de Physique Nucléaire de Lyon) – Univerité Claude Bernard Lyon I, 4 Rue Enrico Fermi, 69622 Villeurbanne Cedex, France
- International Atomic Energy Agency – Wagramerstrasse 5.P.O.Box 100, A-1400 Vienna, Austria
- Paks Nuclear Power Plant Ltd. – Purchasing Section, H-7031 Paks, P.O.Box: 71, Hungary
- Radioelectronic systems Ltd. – Al. Malinov, Blvd., Sofia, 1715 Bulgaria
- UN Development Programe in Pakistan, P.O.Box 1482, Nilore, Islamabad, Pakistan
- Universität Halle, FB Physik, Friedemann – Bach – Platz 6, 06108 Halle (Saale)/D, Germany