

**Expertizní posudek  
o vhodných systémech ochrany nádrží elektrolytu**



Spoluautor: Jan Navrátil

**11 stran**

**7. 6. 1973**

Oddělení mechaniky nehomogenních prostředí  
Ústavu teoretické a aplikované mechaniky ČSAV  
12849 Praha 2, Vyšehradská 49.

ČKD Praha  
oborový podnik  
oddělení projekce  
Ú.Z. Výstavba a energetika  
Praha 9 - Vysočany  
Českomoravská 21.

Praha, 7. června 1973  
Č.j. 10/73 - 42 - OMNP

### O d b o r n é v y j á d ř e n í

o vhodných systémech ochrany nádrží elektrolytu pro zařízení elektrochemického obrábění [REDACTED]

Dne 5.2. 1973 obrátili se zástupci projekce ČKD Praha na OMNP s žádostí o návrh vhodného systému izolace nádrží elektrolytu, zvláště pak o posouzení možnosti aplikace berolu. Pro plně vyčerpanou kapacitu oddělení a brzký termín nebylo možno spolupráci převzít. Projekční útvar ČKD obrátil se pak 20.2.1973 dopisem GIV-2/160/73/PŘ. ing. Šimon na Presidium ČSAV s žádostí o zajištění požadavku v rámci rámcové dlouhodobé dohody mezi ČSAV a ČKD. Orgány ČSAV pak uložily řediteli ÚTAM zpracovat expertizu ve shora uvedené věci. Protože kapacita OMNP nebyla posílena, ani státní úkoly redukovány, rozhodli se členové oddělení (spolu s ing. J. Navrátilem ze sekretariátu Presidia ČSAV) ve snaze vyhovět ČKD, zpracovat žádané vyjádření pro vládní úkol V 97-50 v gímo-pracovní době formou socialistického závazku na počest 20. výročí založení ČSAV.

## Podklady

Současné s žádostí o expertizu na Presidium ČSAV byly předány tyto podklady:

- stručný technický popis zařízení včetně technických parametrů, parametrů provozu nádrží a údajů o základním elektrolytu (součást výše citovaného dopisu ČKD)
- složení ostatních možných elektrolytů (fotokopie publikace neznámého původu s tabulkou elektrolytů a jejich vlastností, z nichž má být bráno v úvahu sedm červeně zatržených položek)
- stavební plány objektu VIII-V 9750 zařízení ECM a to:
  - půdorys I. a II. suterénu
  - řez podélný
  - řez příčný .

## Popis objektu a jeho technologického namáhání

Součástí zařízení elektrochemického obrábění kovů jsou dvě nádrže na pracovní elektrolyt:

- větší nádrž je pracovní, s objemem  $110 \text{ m}^3$ , obdélníkového půdorysu cca  $14,275 \text{ m}$ , se spádem v podélném směru do středu. Nejmenší hloubka  $1 \text{ m}$ , největší hloubka  $5,40 \text{ m}$ .
- Menší nádrž zásobní, s objemem  $30 \text{ m}^3$ , obdélníkového půdorysu se spádem v podélném směru, max. hloubka  $2,90 \text{ m}$ .

U obou nádrží je předpokládána železobetonová konstrukce stěn i dna, se stupňovitě řešeným rubem dna, uložená přímo na základové půdě. Konstrukce je z vnější strany chráněna vodotěsnou izolací proti tlakové vodě (hladina spodní vody nad nejnižší základovou spárou) běžné agresivity. Konstrukce stropů nad nádržemi je rovněž ze železobetonu.

Vnitřní povrch nádrží má být rovný, beze spár a ostrých výstupků, odolný jak chemické agresivitě tak abrasivním účinkům elektrolytu, umožňující prostupy technologického zařízení.

Předpokládaný přítok elektrolytu o teplotě 55-60°C je 1 600 l za minutu. Průměrná teplota elektrolytu v nádrži je 45-60°C; počáteční teploty 45°C je dosaženo (z 10°C) za 100 hodin. Dochází tedy ke krátkodobému ohřátí stěn o 15°C a celkový teplotní gradient stěnou je ~ 50°C.

Předpokládaný elektrolyt (včetně uvažovaných změn podle uvedených podkladů) je silný roztok, kyselý a oxidační, s pH 6,5 :

NaCl (KCl)	12-30%
NaBr	do 6%
NaF	do 0,25%
NaNO <sub>3</sub>	13-60%
CrO <sub>3</sub>	do 0,1%

Udává se možné krátkodobé zvýšení pH v důsledku elektrochemického procesu až na 9,5. Elektrolyt při zvýšení pH se "oživuje" kyselinou dusičnou; přitom je nezbytné zajistit, aby přived kyseliny dusičné byl jednak pomalý, jednak do prostorového středu nádrže tak, aby nedošlo k opakovanému omývání stěn koncentrovanou kyselinou dusičnou.

#### Požadavky na izolaci nádrže

Hlavním požadavkem je zajištění trvalé a absolutní nepropustnosti, zabránění styku elektrolytu s cementovým betonem konstrukce, hladký vnitřní povrch nádrže, možnost snadné rekonstrukce příp. opravy a možnost prostupu technologického zařízení. Dále se očekává od navrženého systému odolnost chemickému a abrasiv-

nímu působení elektrolytu při zvýšených teplotách po dlouhou dobu ( 5 až 10 let), podle možnosti aplikace dodacích materiálů a nízká cena. Nesbytné je, aby konstrukce nádrže byla tuhá, avšak možné její deformace nesmí ohrozit celistvost a nepropustnost navržené ochrany.

### Použitelné materiály pro ochranu nádrží

Zajištění výše uvedených požadavků v plné šíři lze očekávat nejspíše aplikací netradičních materiálů, ať již čistých plastických hmot nebo kompozitních materiálů s jednou nebo více pevnými fázemi z plastických hmot.

Ze skupiny termosetů lze uvažovat kompozitní materiály na bázi fenolformaldehydové pryskyřice a furanové pryskyřice. V prvním případě nejspíše laminární kompozitní systém realizovaný např. lisovanými deskami textilní tkaniny poještě fenolformaldehydovou pryskyřicí, u nás dodávanými pod názvem UMATEX, ve druhém případě granulárním kompozitním systémem realizovaným např. deskami z granulárního plniva poještěného furofuralovou pryskyřicí, dodávanými pod názvem BEROL, u něhož křemičité plnivo je omezeno na minimum a je nahrazeno drtími vhodných vyvřelin.

Ze skupiny termoplastů lze uvažovat především vysoce odolné vinylové termoplasty (fluorované event. perchlorované) a jejich kopolymery.

Jako zásadu návrhu celého izolačního systému lze doporučit minimálně zdvojení ochrany konstrukce a to pokud možno vzájemně nezávislé.

## Použitelné materiály pro konstrukci nádrží

Konstrukce nádrží je projektem dosud předpokládána jednoznačně železobetonová. Lze však nalézt i alternativní vhodné (nebo vhodnější) řešení s použitím jiných materiálů, jejichž aplikace bude závislá pouze na možnostech výroby v daném termínu.

Prvou alternativou je použití kyselinovzdorného betonu (tzv. K-betonu) utěsněného vhodným penetračním médiem, např. chlóroprenem nebo Umacolem B (fenolformaldehydovým tmelem).

Druhou alternativou je použití vhodného plastbetonu, vyztuženého a monoliticky prováděného na místě; technicky realizovatelné jsou pro daný účel u nás prakticky dva druhy plastbetonů: epoxidový a furel-furalový (berol).

Vhodné kombinace uvedených materiálů pro přímou ochranu, (penetraci, tmel, nátěr a konstrukci) mohou poskytnout při správném provedení vysoce trvanlivý a účinný systém. Některé z možností jsou uvedeny dále.

### Návrhy řešení izolačního systému nádrží

- A. Konstrukce nádrží je provedena ze železového betonu, betonáž provedena v nepřetržitém sledu bez pracovních spár, beton vodostavebný, dokonale zpracovaný, nepropustný (ve smyslu ČSN). V případě, že se vyskytne z provozních důvodů nutnost pracovní spáry (např. mezi dnem a stěnami), ošetří se starý beton před ukládaním nového důkladným mechanickým očištěním, ostříkáním proudem vody a napačkováním vodnou disperzí FVAc

vhodného latexu. Rovněž do první dávky nově ukládaného betonu (na pracovní směs) doporučuje se použít přísady PVAc v množství cca 12-15% disperse na váhu cementu.

Stěny nádrží by neměly být svislé, ale s minimálním sklonem 1:20 směrem ke dnu.

Bednění by mělo být na vnitřním povrchu provedeno tak, aby dávalo rovný, nikoliv však hladký, (sklovitý) povrch betonu (např. falcovaná nebo blovaná prkna); povrch betonu nesmí být rovněž nadměrně znečištěn mastným separátorem. Po odbednění se provede mechanické očištění povrchu betonu od zbytku separátoru, volného vápna a jiných lehkých podílů cementu a případně jiných nečistot a vyspravení příp. nerovností cementovou maltou § z důvodu dobrého přilnutí těchto vysprávek se provede odbednění v nejkratší možné době a opravy se provedou ihned po odbednění). Beton se ponechá tvrdnout 28 dní za stálého ošetřování kropením a chráněný před pří-  
nými povětrnostními vlivy, zejména slunečním zářením. Po této době se nechá beton důkladně proschnout nejlépe prouděním vzduchem (příp. chrátým) a teprve potom se počne s vlastními izolačními úpravami.

Na dobře vysušený beton se provede penetrační nátěr epoxidovou pryskyřicí (např. ChS Epoxi 1200 ředěná v poměru 1:2-3 xylenem, příp. penetrační epoxidový nátěr dodávaný výrobcem). Na zavadlý penetrační nátěr provede se dvojnásobný nátěr epoxidofuranovým kopolymerem tak, že druhý nátěr následuje po prvním v co nejkratší době. Povrch druhého nátěru se zdrsní po zavádnutí převálečkovým profilovaným válcem.

Okamžitě po zatvrdnutí nátěru počnou se osazovat berolové velkorozměrové desky o tloušťce 4 cm (s rozměrem podle dohody s výrobcem, cca 100 x 100 cm) do berolové malty, s převázanými spárami širokými cca 1 cm na dřevěné klíny. Po vytvrdnutí podkladové malty (podle podmínek prostředí a použitého složení a druhu pojiva po 24 až 120 hodinách) odstraní se dřevěné klíny a provede se vyspárování berolovou maltou. Pro podkladní maltu lze rovněž výhodně aplikovat pojivo na bázi epoxifuranového kopolymeru. Složení berolových desek je takové, aby při minimálním množství pojiva byla zachována úplná (trvalá) nepropustnost do 5 atm. Podle účinnosti zpracování a volby granulometrie plniva bude poměr pojiva a plniva cca 1:9-10 váh. Spárovací malta bude připravena z jemných frakcí téhož (nebo obdobného) plniva jako byl použit pro berolové desky a poměr pojiva a plniva se bude pohybovat v rozmezí 1:5 - 1:6 váh.

Po zaspárování a vytvrzení spárovacího materiálu provede se na celý vnitřní povrch dvojnásobný nátěr Balitem FA nebo FAD s dbáním technologickým podmínek podle výrobce.

Úspěch navrženého systému zabezpečuje dokonalé provedení a návaznost jednotlivých operací s minimálním časovým odstupem. Při provádění celého izolačního systému by neměla poklesnout teplota uvnitř nádrže pod 20°C.

- B. Konstrukce nádrží je provedena ze železobetonu stejně jako ad A.

Po důkladném proschnutí betonu provede se penetrační nátěr roztokem chloroprenového samovulkanizačního kresťaku v toluenu. Na zaváděný penetrační nátěr se provede několikanásobný ná-



střík chloroprenem stejného druhu, jako byl použit pro penetraci.

Okamžitě po zaschnutí nátěru počnou se osazovat desky Umatexu o tloušťce cca 12 mm a s rozměry podle možnosti výrobce (cca 100 x 100 - 200 cm) do vrstvy chloroprenu (nebo jiného vhodného kaučuku) nanesené na stěnu nádrže na předchozí chloroprenové nástřiky i na rub desek, s převázanými spárami na sraz; obě desky budou rovněž opatřeny předem nátěrem chloroprenu na stykových plochách. Vhodný druh chloroprenu a jeho technologický předpis je třeba volit podle možnosti výrobce, resp. dovozu (např. západoněmecká kaučuková emulze DWS 1, DWS 2 nebo DWS 3).

Styčná spáry jednotlivých desek se přeplátují pásy Umatexu nebo Umacartu o tloušťce cca 1 - 3 cm a šířce cca 10 - 15 cm a přilepi se opět stejným kaučukovým roztokem nebo emulzí.

- C. Konstrukce nádrží je provedena z kyselinovzdorného betonu (K-betonu) na bázi vodního (nejlépe draselného) skla. Pro zlepšení nepropustnosti se doporučuje použít přísady hydroxydu železa. Výztuž ocelovou armaturou se provede stejně jako u cementového betonu, pouze krycí vrstva je 3 cm. Po vybetonování a důkladném zpracování K-betonu do těsného bednění (falcovaná prkna) a jeho vytvrdnutí za cca 24 hod. provede se odbednění, očištění a vyspráva K-maltou podobně jako v předchozích případech.

Na dobře vysušený beton se provede několikanásobný penetrační nátěr fenolformaldehydovou pryskyřicí (Umacol B). Po penetraci se provedou ještě dva nátěry Balitem N resp. Balitem A.

Obkladové desky z Umatexu jako v případě B. se pak lepí na

dno a stěny Umascolen B, spáry slopené na sraz se překryjí pásy Umateru nebo Umacartu jako ad B. a přilepi se opět Umascolen B.

- D. Konstrukce nádrží je provedena ze železobetonu jako ad A. Do bednění se osadí a zabetonují ve vzdálenosti cca 1 x 1 m tyče z teflonu (nebo kopolymeru obdobných vlastností) o průměru cca 60 mm a délce 10 cm (tyče se přišroubují k bednění z jeho lico).

Po odbednění na dobře vysušený povrch betonu se provede 4 až 5 nástřikových vrstev emulze kopolymeru PVC-PVD (polyvinylidenchlorid, tzv. Saran), dodávané pod názvem Keragelith-P 2. Tvrdnutí jednotlivých vrstev probíhá cca 1 hod., k úplnému vytvrzení dojde za 24 hod.

Na vytvrzený nástřik osadí se desky o tloušťce cca 5 mm vysoce odolných vinylových termoplastů (perchlorované PVC, fluoroplasty - teflon, fluon a pod.) a přišroubují se speciálně vyrobenými šrouby z téhož nebo obdobného materiálu do předem osazených a zabetonovaných tyčí. Styky desek se svaří a rovněž se svaří styk hlavy šroubů a desek. Přesnou technologii lze stanovit až po volbě konkrétního materiálu a po dohodě s výrobcem.

- E. Konstrukce nádrží provede se z monolitického plastbetonu. Přesná technologie výroby byla by stanovena teprve v případě rozhodnutí pro tuto alternativu a sejištění výrobce.

Vnitřní povrch nádrže z plastbetonu opatří se dvojnásobným nátěrem z pryskyřice nebo kopolymeru na stejné bázi jako tvoří pojivo plastbetonu.

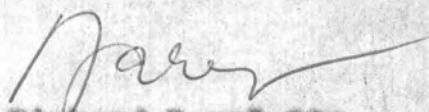
Předpokládaná životnost  
navrhovaných systémů

- ad A - S použitím vhodného plniva berolu a při zachování všech technologických předpisů lze odhadnout životnost této alternativy na 10 - 20 let. Výhodou je, že lze poměrně snadno a kdykoliv provést oprava nátěrem furolovou pryskyřicí nebo vytmelením s pojívkou na stejné bázi.
- ad B - Při použití vhodného tmelícího a lepícího kaučuku a zachování všech technologických předpisů lze předpokládat životnost této alternativy na 15 - 20 let.
- ad C - Při zachování všech technologických předpisů lze předpokládat životnost minimálně 20 let.
- ad D - Při zachování všech technologických pravidel, zejména za předpokladu dokonale provedených svarů, lze očekávat životnost min. 15 let.
- ad E - Při dokonalém provedení a zachování všech technologických pravidel lze očekávat prakticky neomezenou životnost s tím, že v několikaletých intervalech by byl obnoven nátěr.

Z á v ě ř

Uvedené návrhy řešení a vyslovené předpoklady o životnosti jednotlivých alternativ vychází ze současného stavu znalostí v oboru a zkušeností autorů. Žádné doplňující nebo ověřující zkoušky nemohly a nemohou být v ÚTAM provedeny pro zcela vyčerpanou kapacitu příslušných pracovníků i prostředků na řešení plánovaných úkolů. Je věcí projektanta, dodavatele a uživatele

aby zvolili podle svého uvážení a možnosti vhodnou alternativu řešení; nedoporučuje se přitom, aby byly neúčasti jednotlivých uvedených alternativ kombinovány nebo koncepčně měněny.

  
Ing. Richard Boreš CSc  
zástupce vedoucího OMMF

Konice ČKD - závod Kompresory

ČKD - Výstavba a energetika

Generální sekretář ČSAV prof. Fzím

Sekretariát prezidia ČSAV - ing. Čheniček

Sekretariát prezidia ČSAV - ing. Kavrátil

OMMF-OTAM - ing. Boreš