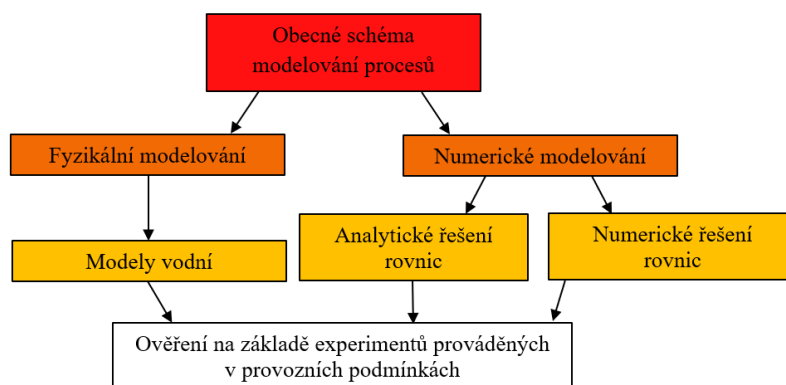


# Fyzikální modelování rafinace hliníkové slitiny

## 1. Úvod

**Modelování** probíhajících procesů v systému je metodou, jejíž cílem je co nejvěrohodněji zachytit chování reálného systému pomocí modelu. Na základě výsledků dosažených na modelu lze pak zpětně předpovídat chování reálného systému při různých změnách procesu. **Model** je vyjádřením podstatných vlastností reálného systému v přijatelné a cílevědomé formě. Musí tedy vyjadřovat vztah mezi příčinou a následkem. Konečným cílem modelování je vytvořit takový model systému, definovaný na objektu, aby chování modelu bylo v jistém smyslu stejné jako u reálného systému za stejných provozních podmínek.



*Obrázek – Schéma modelování procesů*

Obecně lze modelování rozdělit na fyzikální a numerické. Fyzikální modelování umožňuje získat informace o charakteru proudění kovu a také dalších procesů, vyskytujících se při jeho zpracování. Fyzikální modely pokrývají především problematiku hydrodynamiky a jsou konstruovány podle pravidel, vyplývajících z teorie podobnosti, která je realizována prostřednictvím vhodných kritérií podobnosti. Kvůli možnosti pozorování jevů, probíhajících během procesu jsou fyzikální modely vyráběny z transparentních materiálů (např. plexisklo). Průmyslová zařízení jsou stále složitější a provádět experimentální výzkum v průmyslových podmínkách je stále komplikované a často velmi nákladné. Z těchto důvodů se přistupuje k využití fyzikálních modelů.

Fyzikální modelování probíhajících procesů v systému je metodou, jejímž cílem je co nejvěrohodněji zachytit chování reálného systému pomocí hmotného **fyzikálního modelu**.

Model i dílo má při fyzikálním modelování **stejnou fyzikální podstatu**. Proudění tekutiny je tedy modelováno opět prouděním tekutiny, ale v určitém měřítku délek, rychlostí objemových průtoků, viskozit atd. Podmínkou přenosu výsledků z modelu na dílo je **podobnost procesů** probíhajících v modelu a díle.

V laboratoři Vysoké školy technické a ekonomické v Českých Budějovicích se nachází fyzikální model rafinace hliníkové slitiny. Hliníková slitina se v provozních podmínkách



- *1x vnější čtvercová nádoba z plexiskla pro umístění modelů pánví (určeno pro audiovizuální interpretaci)*
- *nosná konstrukce s následujícími komponenty → motor pro pohon rotoru, univerzální spojka rotoru, grafitový rotor, 2x uchycení vlnolamů, rozvod plynu do rotoru, laserový otáčkoměr*
- *panel pro ovládání průtoků plynů → kyslík → naplynění, argon → rafinace*
- *2x sonda METTLER-TOLEDO InPro6860i/12/120/mA Ex pro měření obsahu kyslíku ve vodě*
- *řídící panel → skříň s ovládacím PC → regulace a řízení otáček rotoru + záznam průběhu odplynění*

Základní princip fyzikálního modelování odstranění rozpuštěného vodíku z hliníkové taveniny spočívá v odstraňování rozpuštěného kyslíku z modelové kapaliny (vody) za pomoci argonu. Pro kontinuální měření obsahu kyslíku byly vybrány optické sondy firmy METTLER-TOLEDO, dovolující měření obsahu rozpuštěného kyslíku do  $26 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (26 ppm). Pro sondy bylo nutno vyvinout software, který splňuje požadavky na měření koncentrace kyslíku včetně komunikace přes PC, archivace dat a jejich hodnocení. Na obrázku je pro představu uvedeno rozhraní pro monitorování koncentrace kyslíku v průběhu fyzikálního modelování.

Konstrukce modelu je velmi variabilní, umožňuje změnu několika parametrů, a tedy i definici celé řady modelovaných variant. Mezi tyto parametry patří:

- *typ rotoru*
- *vzdálenost rotoru od dna pánve (pracovní výška)*
- *počet vlnolamů*
- *počet otáček*
- *průtok inertního plynu (Ar)*

Pro fyzikální modelování odstranění vodíku z taveniny hliníku na jednotce FDU, byla vyvinuta metodika, která spočívá v následujících krocích:

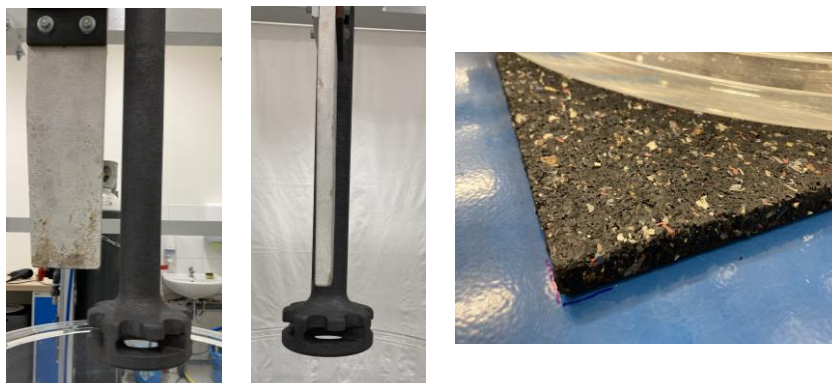
- *ustavení nádoby do požadované polohy neboli pracovní výšky*
- *naplnění modelu vodou, přičemž hladina vody dosahuje výšky vyznačené výšky*
- *nastavení požadovaného průtoku plynu dle požadavků dané varianty experimentu, při zachování tlaku plynu 0,4 bar*
- *sycení kyslíkem na stanovenou hodnotu při rychlosti otáčení rotoru  $350 \text{ ot}\cdot\text{min}^{-1}$  a tlaku plynu 0,4 bar. Následuje prodleva, během které dojde k doběhu koncentrace kyslíku, homogenizaci koncentrace kyslíku v objemu vody a její ustálení na požadované hodnotě 22 ppm. Během prodlevy je vypnuto otáčení rotoru*
- *nastavení požadovaných otáček pro danou variantu experimentu → v průběhu prodlevy*
- *spuštění měření → po skončení prodlevy současné spuštění dmýchání argonu, otáčení rotoru a záznamu dat z optických sond*
- *ukončení měření → vypnutí otáček a zastavení přívodu plynu, jakmile střední hodnota koncentrace kyslíku z měřících sond dosáhne hodnoty 0,5 ppm*

### 3. Postup prací na fyzikálním modelu rafinační jednotky FDU

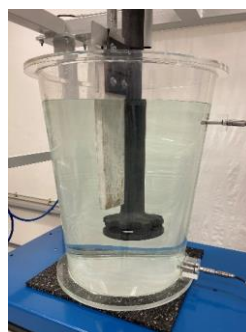
V této kapitole bude dále popsáno ovládání fyzikálního modelu a postup prací při měření v souladu s navrženou metodikou.

#### 3.1 Příprava modelu

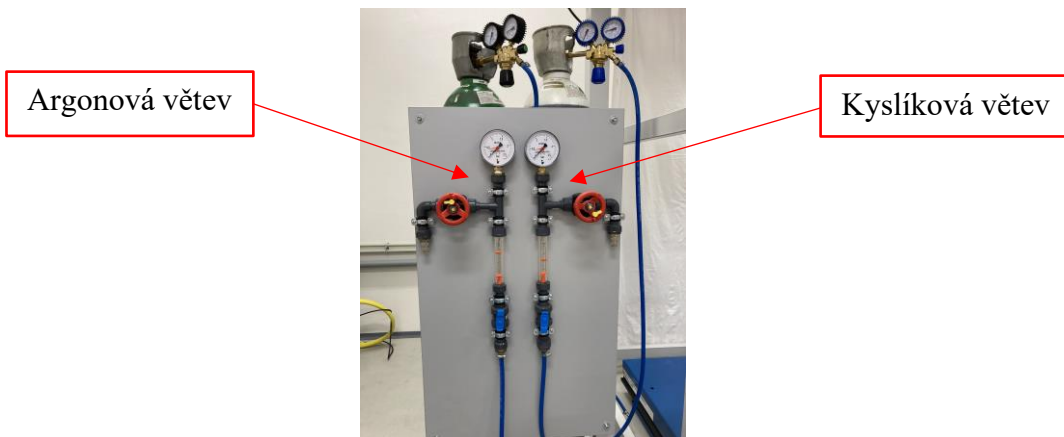
Před započítím jakýchkoli prací na fyzikálním modelu je potřeba nejprve překontrolovat správnou pozici rotoru a vlnolamů a polohu nádoby modelu pánve na zdvižné plošině (případně další instrukce sdělí vyučující)



- Dále je potřeba pustit vodu a nechat pár minut odtékat, aby se ustálila její teplota na 20 °C. Voda protéká přes směšovač, který řídí její teplotu a je nastaven právě na 20 °C. Voda se pouští ventily pod umyvadlem a vedle odpadní trubky pro vypouštění modelu.
- Zapojení zdvižné plošiny a řídicí skříně ke zdroji.
- Zdvžení plošiny do požadované výšky (rozměr se odvíjí od požadovaného typu rotoru).
- Spuštění PC s ovládacím SW a připojení sond pomocí kabelů. Spuštění invertoru spínačem v ovládací skříně.
- Spuštění ovládacího SW, detekce sond a nastavení ukládání dat.
- Napuštění modelu pánve do požadované výšky, označené ryskou na stěně nad horní sondou.



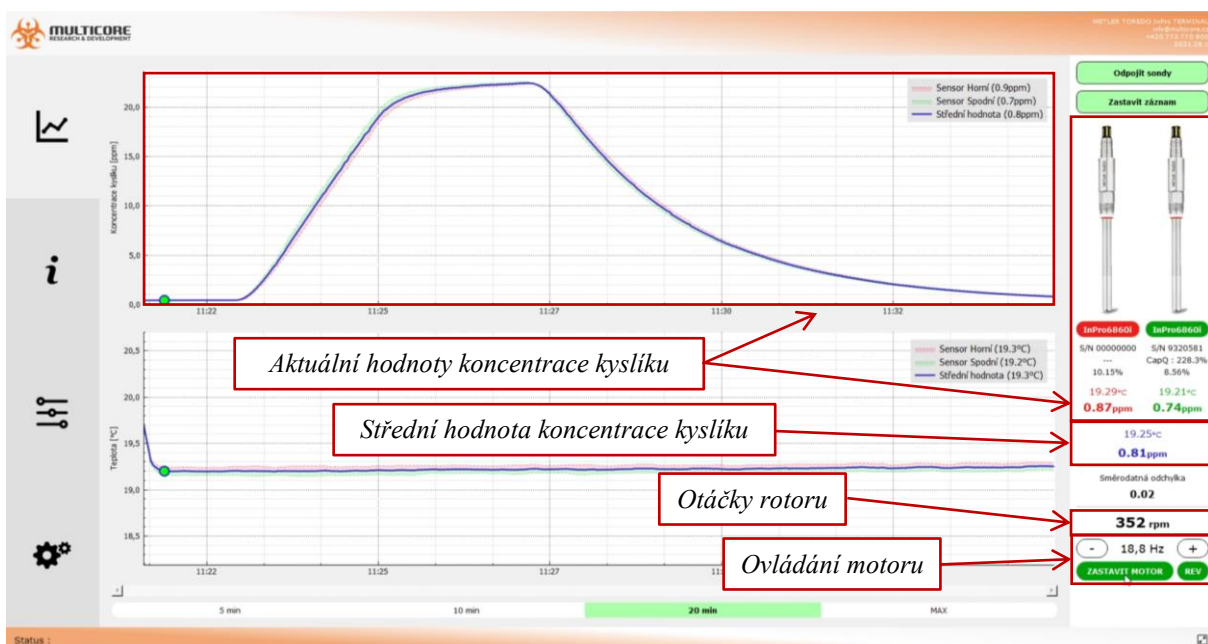
- Spuštění rotoru, nastavení počátečních otáček 350 ot/min a správného směru rotace, kontrola průtoku a tlaku na větvi s O<sub>2</sub> a nastavení požadovaného průtoku na větvi s Ar (provede vyučující!)



### 3.2 Popis funkcí ovládacího softwaru

Ovládací software slouží k ovládání funkcí rotoru, ukládání a monitoringu dat. Jeho hlavní funkce jsou následující:

- *Připojit/Odpojit sondy* – detekce a odpojení sond
- *Spustit/zastavit záznam* – spuštění a ukončení záznamu dat
- *Aktuální hodnoty koncentrace kyslíku* – zobrazuje aktuální koncentraci kyslíku a teplotu vody, měřené jednotlivými sondami
- *Střední hodnota koncentrace kyslíku* – zobrazuje průměrnou hodnotu z obou sond
- *Otáčky rotoru* – zobrazuje aktuální rychlost otáčení rotoru
- *Ovládání rotoru* – nastavení počtu otáček, přepínání směru rotace, vypnutí/zapnutí rotace



**Obrázek** – Popis SW rozhraní pro monitorování koncentrace kyslíku

### 3.3 Provedení kontrolního experimentu

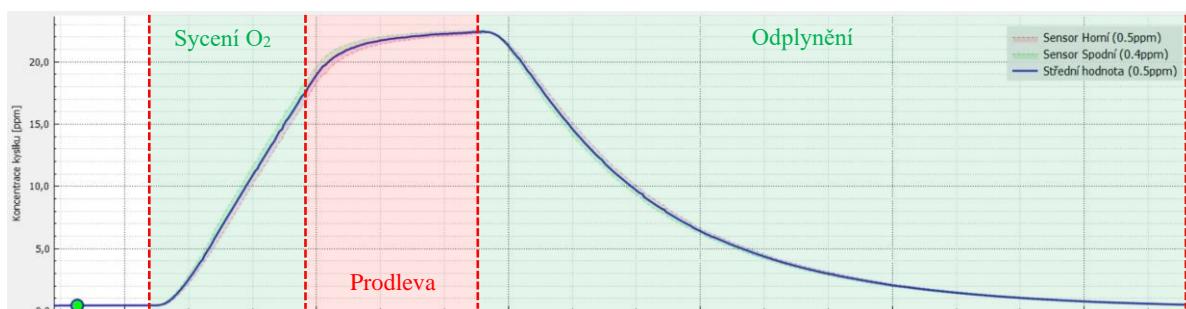
Před započítím ostrých experimentů se na fyzikálním modelu provede kontrolní měření pro ověření správnosti funkce modelu. Během tohoto měření se sleduje způsob naplynění a hodnoty na kterých se obsah kyslíku ve vodě ustálí. Podle této hodnoty se dále upraví koncentrace kyslíku, na které se zastavuje přívod plynu. Znovu také probíhá kontrola průtoku a tlaku kyslíku a argonu. V neposlední řadě se kontroluje funkce sond, zda nedochází k jejich výpadkům během měření.

Vzhledem k tomu, že metodika kontrolního a experimentálního měření je totožná, bude souhrnně popsána v další kapitole.

### 3.4 Metodika měření

Experiment spočívá ve dvou krocích – naplynění kapaliny v modelu na 22 ppm O<sub>2</sub> a následné odplynění na hodnotu 0,5 ppm O<sub>2</sub>. Před startem experimentu zkontrolujeme nastavení otáček (350 ot/min) a směr rotace.

- Start naplynění probíhá současným spuštěním rotace rotoru a přívodu O<sub>2</sub>. V čase spuštění výpočtu se zaznamená čas (s přesností na vteřiny) do tabulky s výsledky. Voda se naplyňuje tak dlouho, dokud nedosáhne požadované koncentrace kyslíku (většinou kolem 18 ppm). Poté je potřeba současně zastavit rotaci a přívod plynu do vody.
- Následuje prodleva po dobu 120 s, během které se koncentrace kyslíku ve vodě ustálí kolem 22 ppm (čím přesněji, tím lépe). V průběhu prodlevy se zaznamená čas spuštění experimentu (čas ukončení sycení + 2 min, opět s přesností na vteřiny).
- Prostřednictvím ovládacího softwaru se nastaví požadované otáčky definované v podmínkách experimentu.
- Dále je v průběhu prodlevy potřeba přepojit přívodní potrubí plynu na větev s argonem s již předem nastaveným průtokem.
- Po uplynutí prodlevy probíhá start experimentu současným spuštěním rotoru a přívodu argonu.
- Experiment končí ve chvíli, kdy koncentrace kyslíku ve vodě dosáhne hodnoty 0,5 ppm. V tomto okamžiku je opět nutné zaznamenat čas a vypnout otáčení rotoru a přívod argonu.



Při provádění dalších experimentů opakujeme uvedené kroky. V průběhu modelování je nutné kontrolovat teplotu vody. Pokud se zvýší, je potřeba vodu vyměnit. Pokud je potřeba změnit průtok argonu, provádí vždy vyučující.



