



SINTEF



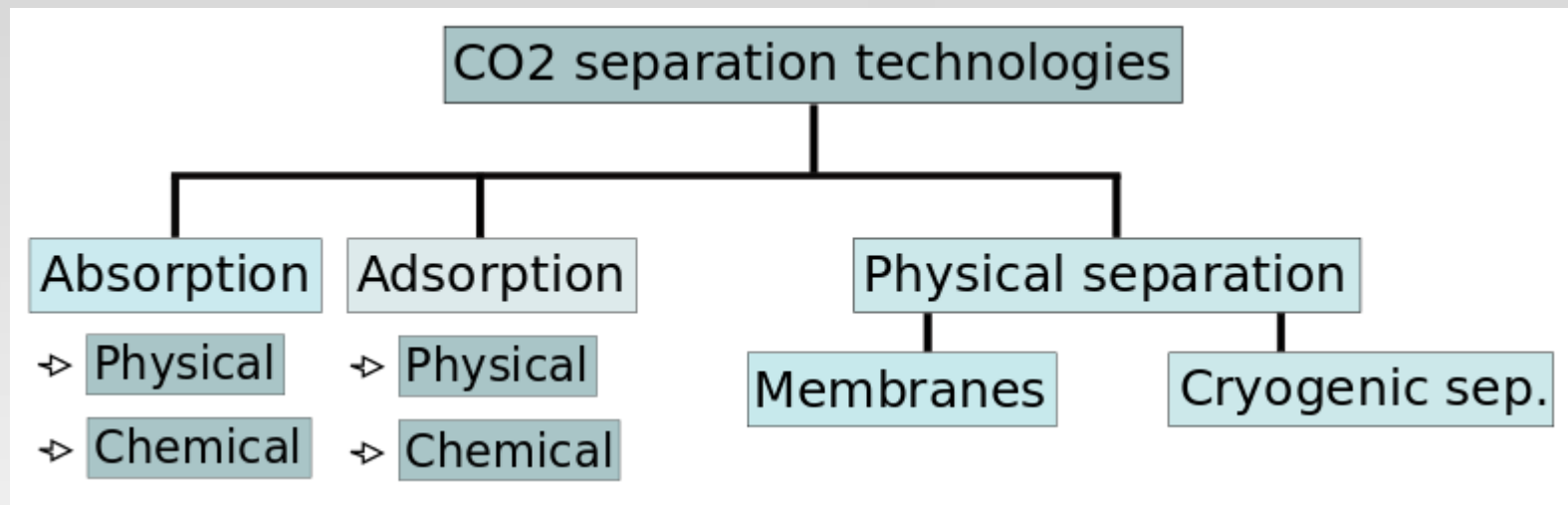
Metody separace CO₂

L. Veselý, P. Slouka, CTU in Prague
8.4.2015



Separace CO₂ – Obecné metody

- Základní druhy separace CO₂ v pokročilé fázi vývoje.



- Účinnost separace se liší podle zvolené technologie
 - Obvykle počítáno max. 90% záchytu CO₂



SINTEF

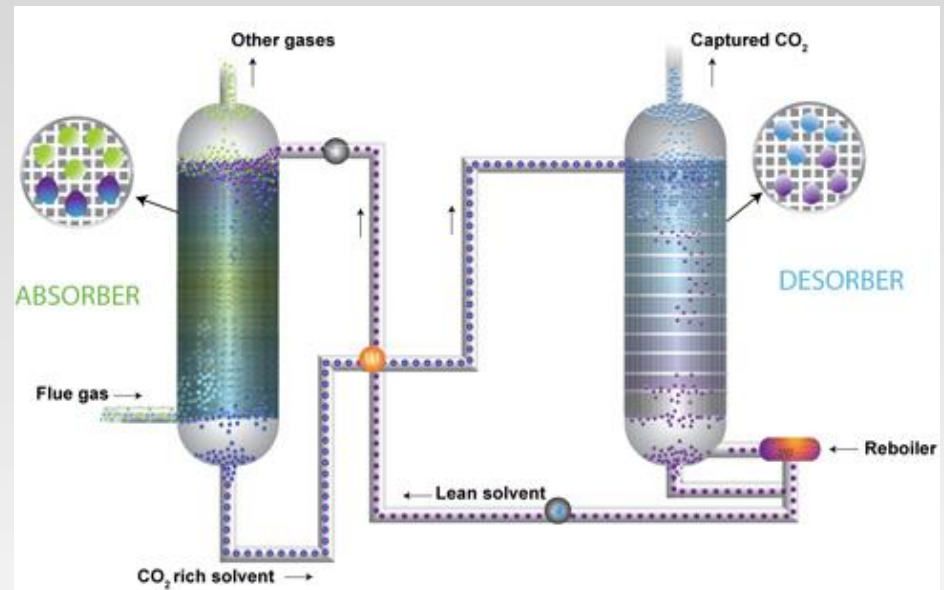


1955-2015
ÚJV ŘEŽ



Absorpční proces

- Princip Absorpce
 - Vypírání kapalným absorbentem (rozpouštědlo nebo chemický reagent)
- Protiproudé uspořádání
- Absorbér
 - Sycení media CO₂
- Desorpce
 - Uvolnění CO₂
 - Regenerace media



Zdroj: http://www.co2crc.com.au/aboutccs/cap_absorption.html

Fyzikální absorpce



SINTEF



- Separace plynů pomocí jejich rozpouštění ve vhodném rozpouštědle
 - Složka (v tomto případě CO₂) nereaguje s rozpouštědlem
 - Zachycené množství se řídí zákonem rozpustnosti plynů v kapalině (Henryho zákon)
 - je úměrné parciálnímu tlaku složky
 - Zvyšuje se s poklesem teploty rozpouštědla
- Vhodné využití pro vyšší tlaky plynu
- Desorpce:
 - Ohřev rozpouštědla
 - Snížení tlaku

Chemická absorpce



SINTEF



norway grants

norway grants

- | Separace plynů založená na chemické reakci pracovní látky s plynem
 - Absorpce je exotermní reakce (uvolněné teplo je nutné odvést)
 - Desorpce vyžaduje zvýšení teploty + dodání tepla uvolněné absorpcí

- | Pracovní roztok: voda a pracovní sloučenina
 - Organické: - Aminy
 - primární
 - sekundární
 - terciární
 - heterocyklické
 - Anorganické:
 - Amoniak
 - Uhličitany alkalických kovů – sodný a draselný

Adsorpční proces



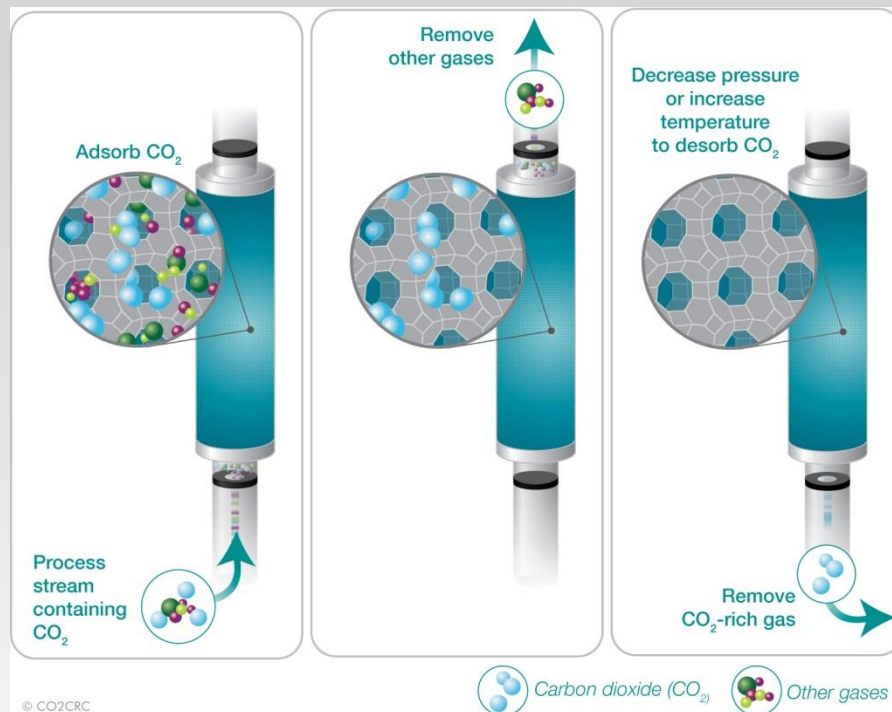
SINTEF



norway grants

norway grants

- Princip Adsorpce
 - Separovaný plyn je zadržován na povrchu pevného tělesa (adsorbentu)
- Požadavky na sorbent
 - Selektivita
 - Kapacita
 - Životnost
- Dva základní typy:
 - Fyzikální adsorpce
 - Chemická adsorpce



Zdroj: http://www.co2crc.com.au/aboutccs/cap_adsorption.html

Základní typy Adsorpce



SINTEF



norway grants

norway grants

- Fyzikální Adsorpce:
 - Separovaná složka je vázána pomocí fyzikálních sil (Van der Walsovými).
 - Adsorpce v mikropórech sorbentu
 - Adsorpce látky ve více vrstvách
 - Malé tepelné zabarvení procesu
 - Adsorpci obecně zlepšuje vyšší tlak a nižší teplota
 - Desorpce:
 - Zvýšení teploty – Temperature swing (TSA)
 - Snížení tlaku – Pressure swing (PSA)
- Chemická adsorpce:
 - Separovaná složka tvoří chemickou (kovalentní) vazbu s chemicky aktivními centry na povrchu sorbentu
 - Adsorpce v monovrstvě (ne aktivní centra)
 - Výrazné tepelné efekty při procesu
 - Uvolnění reakčního tepla při adsorpci
 - Desorpce – zvýšením teploty (dodání tepla)



SINTEF



1955-2015
ÚJV ŘEŽ



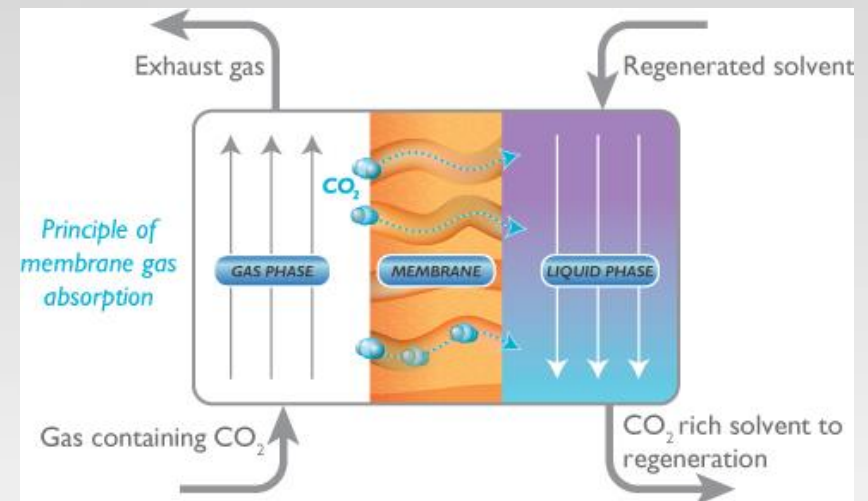
Membránová separace

Princip Membránová separace

- Separace založena na rozdílných tlacích před a za membránou
- Membrána:
 - tenká překážka, která propouští/zadržuje vybranou látku
- Účinnost závisí na:
 - Materiálu
 - Konstrukci

Typy membrán:

- Polymerické
- Anorganické
- Smíšené matrice



Zdroj: http://www.co2crc.com.au/aboutccs/cap_membranes.html



SINTEF



1955-2015
ÚJV ŘEŽ



Kryogenní separace

- Vymražování CO₂ (nizkoteplotní destilace) – závisí na jeho parciálním tlaku
- Spaliny
 - Počáteční koncentrace CO₂ 15 % obj. Teplota vymrzání – 99,3 °C
 - Koncová koncentrace CO₂ 1 % obj. Nutná teplota -121,9 °C
 - Vysoký objem spalin
 - Postup náročný na spotřebu energie

Plyn z IGCC

- Vysoký tlak plynu
- Vyšší koncentrace CO₂
- Nižší objem plynu
- Stačí teplota kolem -73 °C

Výhoda: produkce kapalného CO₂

Uvažované technologie pro separaci



- | **Selexol**
 - | Rozpouštědlo dimethylether a polyethylenglykol (toxický).

- | **Rectisol**
 - | Rozpouštědlo methanol (toxický)

- | **Purisol**
 - | Rozpouštědlo N-metyl-pyrrolidon (toxický)

- | **Karbonátová smyčka**
 - | Tuhý sorbent
 - | (první tři průmyslově zavedené, karbonátová smyčka ve vývoji)

Selexol



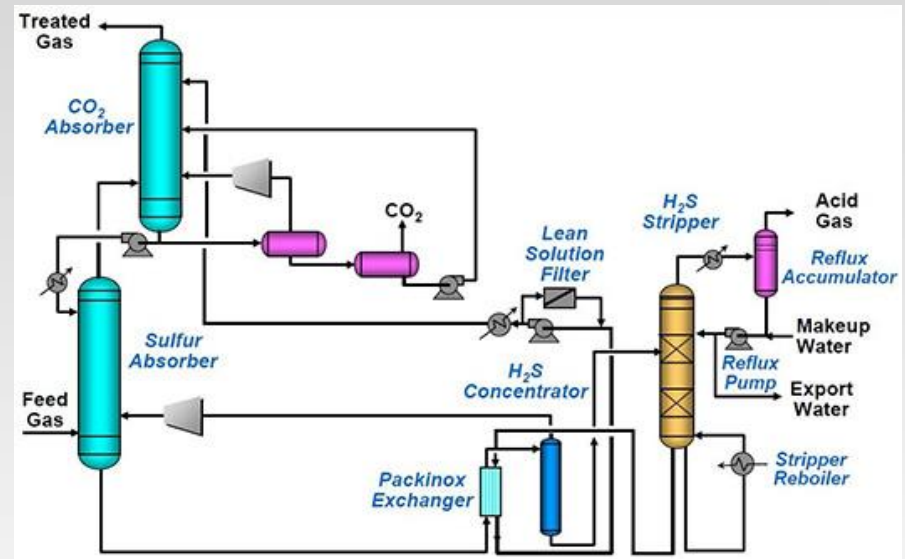
SINTEF



1955-2015
ÚJV ŘEŽ



- Provozní teplota od 0 do 5 °C provozní tlak blízko atmosférického tlaku
- Dobrá Selektivita pro
 - ┆ sulfan (H_2S)
 - ┆ oxidu uhličitého (CO_2)
 - ┆ Vyšší pro H_2S
- Rozpouštědlo toxické
- Na obrázku:
 - ┆ Technologie selexolu = dual-stage



<http://www.netl.doe.gov/research/Coal/energy-systems/gasification/gasifipedia/selexol>

Rectisol



- Provoz při teplotách pod bodem mrazu
 - Provozní teplota od -10 do -70 °C, provozní tlak nad 2 MPa
 - Vysoká tepelná a chemická stabilita rozpouštědla

- Umožňuje odstraňování nečistot:

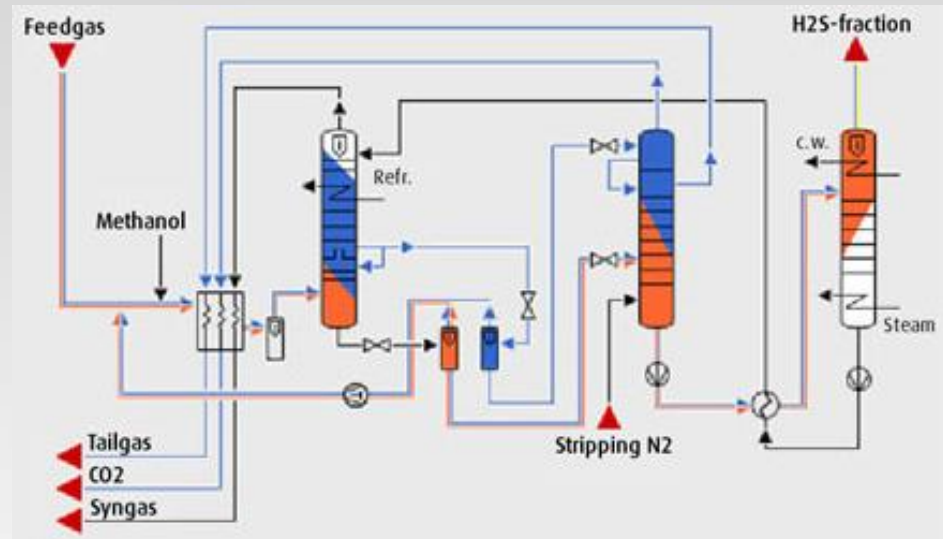
- Uhlovodíky
- Amoniak
- Kyanovodík
- COS
- Selektivně H₂S
- Selektivně CO₂

- Vysoký tlak methanolu způsobuje ztráty methanolu do plynu.

- Rozpouštědlo toxické

- Na obrázku:

- Schéma technologie pro produkci čistého CO₂ a H₂S / COS v oddělených frakcích

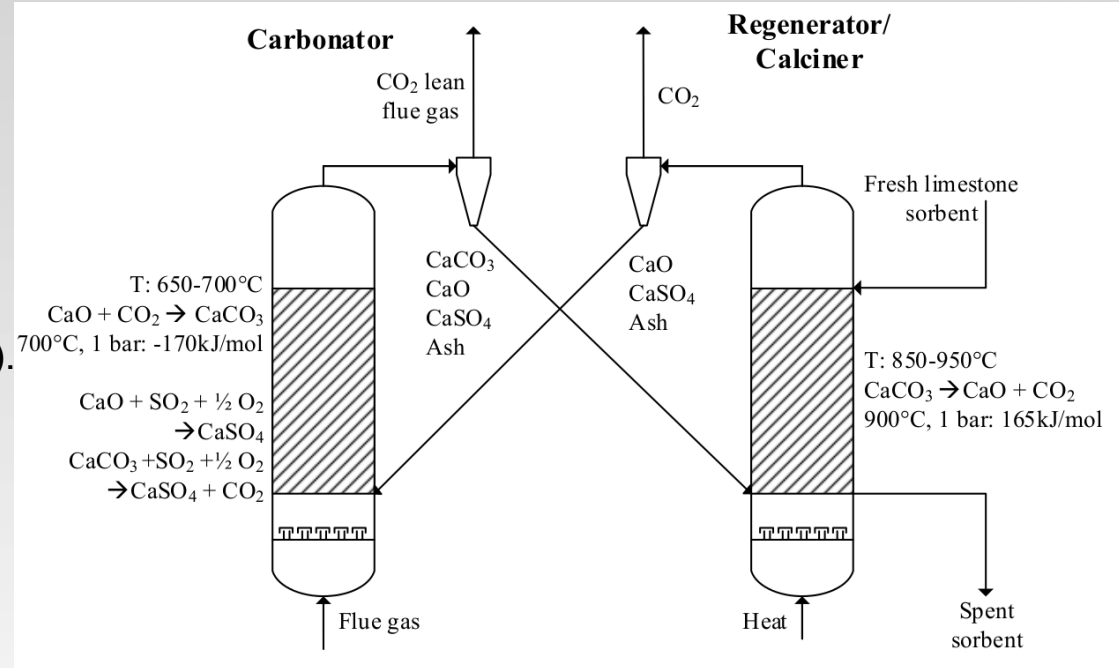


<http://www.netl.doe.gov/research/coal/energy-systems/gasification/gasifipedia/rectisol>

Karbonátová smyčka



- Chemický záchyt CO₂ při teplotě 600 až 700 °C.
- Regenerace je prováděná při teplotách nad 850 °C.
- Využívá se dvojitý reaktor s cirkulačním fluidním ložem (CFB).
- Sorbent
 - Vápenec
 - Dolomit
 - Alternativní



Zdroj: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/204154/204154.pdf>

Separace CO₂ pro IGCC



Děkuji za pozornost