

Z vysokotlakého dílu turbíny neproudí pára do dalších dílů turbíny přímo, ale přes přehřívák, kde se její teplota zvýší téměř na teplotu páry v parogenerátoru, tedy při tlaku p_c bude výrazně přehřátá. Ještě před přehřívákem je ale separátoru vlhkosti z proudu páry. Další dílech turbíny pára expanduje do tlaku v kondenzátoru.

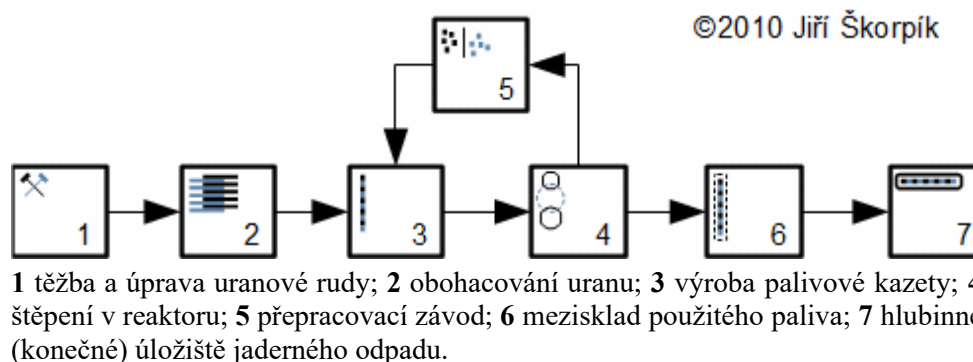
Parametry páry na výstupu z parogenerátoru v ETE: 278,5 °C při tlaku 6,3 MPa; v EDU 4,61 MPa při teplotě 260 °C.

Uran a palivový cyklus

Energie obsažená v jednom kilogramu uranu je sice ohromná, ale získat kilogram uranu ve formě vhodné pro jaderný reaktor je technologicky složitý a drahý proces, navíc při štěpení uranu ^{235}U vznikají v aktivní zóně reaktoru radionuklidy⁴⁷, proto použité palivo nelze jednoduše zneškodnit přírodní cestou, pouze recyklovat (přepracovat) nebo trvale uložit na bezpečné místo.

Proces od těžby uranové rudy přes použití vytěženého uranu v reaktoru až po jeho recyklaci či uložení se nazývá palivový cyklus, viz *Obrázek 83*.

83 Schéma palivového cyklu



1 těžba a úprava uranové rudy; 2 obohacování uranu; 3 výroba palivové kazety; 4 štěpení v reaktoru; 5 přepracovací závod; 6 mezisklad použitého paliva; 7 hlubinné (konečné) úložiště jaderného odpadu.

• Těžba a úprava uranové rudy

Přírodní uran

Uran se těží obvykle klasickým hornickým způsobem. Přesněji těží se uranová ruda (*Obrázek 529*), ze které se dalšími úpravami separuje uran (například loužením) tzv. přírodní uran.

Dolní Rožínka

V ČR byl uzavřen poslední důl na uranovou rudu v Dolní Rožínce v roce 2017. Úprava uranové rudy, která probíhala v MAPE Mydlovary nese sebou velkou ekologickou zátěž – laguny toxického a radioaktivního odpadu, které vznikly při loužení dodnes zůstávají na místě. Podle některých zdrojů došlo i ke kontaminaci místních podzemních vod.

• Obohacování uranu

^{235}U

Pro některé reaktory (včetně lehkovodních reaktorů) je potřebná koncentrace izotopu ^{235}U v palivu vyšší, než je v přírodním uranu. Zvyšování koncentrace jednoho izotopu uranu v palivu na úkor druhého je možné, buď oddělováním nežádoucích izotopů nebo

529 Úlolek uranové rudy



Koncentrace uranu v uranové rudě závisí na nalezišti. Chudá rudná žíla obsahuje jen asi 2 až 3 g uranu na tunu rudy, bohaté rudné žíly obsahují od 10 do 30 kg uranu na tunu rudy [6]. Přírodní uran je složen z izotopu ^{238}U (tvoří 99,282 % hmotnosti), izotopu ^{235}U (tvoří 0,712 % hmotnosti) a izotopu ^{234}U (tvoří 0,006 % hmotnosti) [7, s. 21]. Obrázek [4, informační materiál: Vyhořelé jaderné palivo ve světě, A4, 23 stran].

UF_6

obohacování/přidáváním požadovaného izotopu [7, s. 21]. Obohacování je velmi složitý a finančně náročný technologický proces. Obohacování se provádí v obohacovacích závodech, které jsou pouze ve státech, které mají velkou spotřebu jaderného paliva, jako jsou USA, Německo, Rusko, Japonsko a další. Před obohacováním musí být původní uranová ruda přeměněna kombinací chemických a fyzikálních metod na uranový koncentrát zvaný „žlutý koláč“ (jak již název napovídá jedná se o jasně žlutou hmotu). Z něj je během dalšího zpracování získán UF_6 (fluorid uranový). Tento fluorid má vhodné mechanické vlastnosti pro obohacování, na druhou stranu je vysoce toxický a silně korozivní.

Obohacený uran

UO_2

Palivové tablety

Palivový proutek

Obohacování se provádí například plynnou difuzí, odstředováním a nebo nejmoderněji pomocí laseru [3] – obohacený přírodní uran obsahuje 95 % izotopu ^{238}U a až 5 % ^{235}U . Poté se obohacené palivo ve formě oxidu uraničitého UO_2 lisuje a spéká do palivové tablety o průměru cca 1 cm a výšce 1 až 9 cm podle typu reaktorů, pro které jsou určeny (jsou hnědé barvy). Tyto tablety se na sebe skládají v trubičce ze slitiny zirkonia, přičemž mezi stěnou trubičky a tabletami je mezera vyplněná heliem. Tyto trubičky se hermeticky uzavřou a vznikne palivový proutek.

• Výroba palivové kazety

Výroba palivové kazety může probíhat mimo obohacovací závod z dodaných palivových proutků, viz *Obrázek 531, s. 10*. Výroba palivové kazety je přesný, přesto nepříliš složitý strojírenský proces a tyto závody jsou ve více státech (například ve Švédsku). Materiál palivové kazety je opět slitina zirkonia a nebo i z nerezové austenitické oceli.