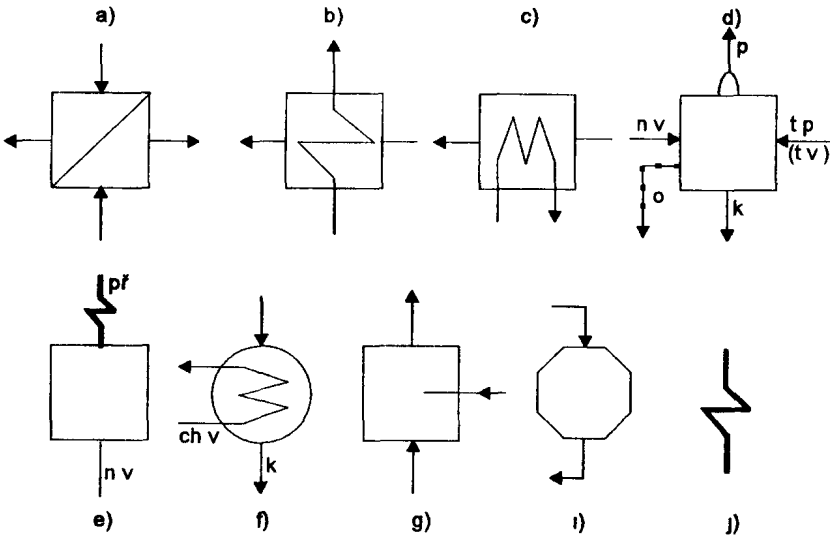


1 VÝMĚNÍKY TEPLA V ENERGETICE

1.1 Funkce, rozdělení, typy

Výměníky tepla jsou zařízení, která slouží k průběžnému nebo přerušovanému předávání tepelné energie pomocí proudících teplotnosných médií. V tepelných schématech se zobrazují výměníky řadou ustálených normalizovaných symbolů, z nichž nejpoužívanější jsou uvedeny na obr. 1-1.



a,b,-rekuperační výměník obecně, c-chladič, d-odparka, e-panní kotel s přehřívákem, f-kondenzátor, g-směšovací výměník, i-chladič věž, j-přehřívák páry, n v napájecí voda, o -odluh (solemi zahuštěná voda), k -kondenzát, p -sytá pára, pr -přehřátá pára, ch v -chladič voda, t p -topná pára

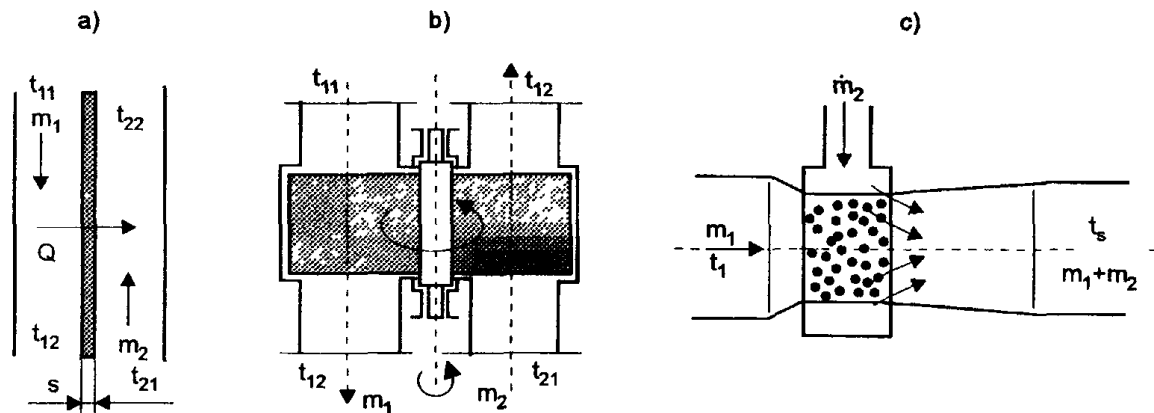
obr. 1-1 Značení výměníků v tepelných schématech

Podle pracovního pochodu existují tři základní typy výměníků, zobrazené v obr. 1-2:

a)rekuperační - obě tekutá média, ohřívající i ohřívané, jsou zde oddělena nepropustnou stěnou o určité tloušťce o výhřevných plochách S_1 a S_2 na stranách obou médií

b)regenerační - ohřívané médium vtéká opakovaně s určitým časovým zpožděním za médiem ohřívajícím do přesně vymezeného prostoru, vyplněného pevným teplo zprostředkujícím elementem a přijímá z něho teplo, dříve přivedené ohřívajícím médiem,

c)směšovací - ohřívané a ochlazované médium se v tomto výměníku směšují tak, že vytvoří směs -teplosměnná plocha je dána např. povrchem kapek vstříkované vody.



a-rekuperační výměník, b-regenerační výměník, c-směšovací výměník, m -hmotnostní průtok, t -teploty pracovních látek

obr. 1-2 Typy výměníků

Podle účelu a použití rozeznáváme:

- ohříváky - vyznačují se tím, že ohřívané médium v nich zvyšuje svou teplotu, ale nedochází ke změně fáze,
- chladiče - ochlazované médium snižuje v nich svou teplotu bez změny fáze,
- výparníky a odparky - ohřívané kapalně médium se mění v páru,
- kondenzátory - teplejší médium v parní fázi se sráží v kapalnou fázi - kondenzát,
- přehříváky a mezipřehříváky (přihříváky) - slouží ke zvyšování teploty syté nebo přehřáté páry,
- sušárny - přísunem tepla se dosahuje snížení vlhkosti látky v pevné fázi,
- termické odplyňovačky vody - parním ohřevem vody k bodu varu dochází k vylučování pohlcených plynů,
- topná tělesa ústředního vytápění - otopné médium ohřívá okolní vzduch.

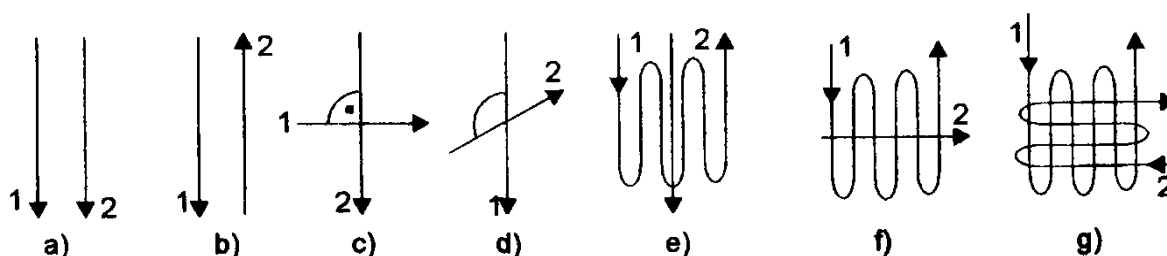
Soustavu výměníků kotle – ohříváku napájecí vody, výpamíku, přehříváku a přihríváku, nazýváme tlakový systém kotle.

Podle způsobu přenosu tepla rozeznáváme výměníky v kotli:

- konvekční - o předaném teple rozhoduje hlavně proudící médium,
- sálavé (radiační) - většina tepla se předává sáláním,
- kombinované - dochází k přenosu tepla prouděním i sáláním.

Podle vzájemného směru a smyslu proudění obou teplotných médií mohou být výměníky řešeny podle obr. 1-3.

- souproudé - směry os proudů ohřívajícího a ohřivaného média jsou rovnoběžné a vektory rychlostí mají stejný smysl,
- protiproude - směry proudů jsou rovnoběžné a mají opačný smysl,
- křížové - osy proudů jsou mimoběžné a v kolmém průmětu spolu svírají úhel 90° ,
- se šikmým vzájemným proudem - osy proudů svírají v kolmém průmětu spolu úhel větší nebo menší než 90° ,
- vícenásobně souproudé, protiproude a křížové proudění,
- s kombinovaným prouděním.



a-souproud, b-protiproud, c-křížový proud. d-šikmý proud, e až g-kombinované proudění

obr. 1-3 Proudění ve výměnících

Podle konstrukčního řešení výhřevné plochy se vyvinuly nejrůznější typy výměníků, z nichž nejčastější jsou např.: bubnové (kotlové), deskové, trubkové, svazkové, šroubové, hadové, žebrové, vlásenkové apod.

Podle kombinace teplotných médií se vyskytují v energetice nejčastěji tyto výměníky: voda-voda, pára-voda, pára-vzduch, pára-olej, spaliny-voda, spaliny-pára, spaliny-vzduch atd.

1.2 Požadavky na výměník

Jsou to:

1. co nejmenší rozměry, hmotnost a cena výměníku,
2. co nejmenší tlakové ztráty (čerpací práce),
3. co nejvyšší spolehlivost v provozu.

První dva požadavky se týkají návrhu, případně výběru vhodného výměníku tepla. Vzhledem k tomu, že tyto požadavky jsou protichůdné, je konečné řešení vždy kompromis mezi body 1 a 2. Výběr z více řešení posuzovaných z tohoto pohledu pak představuje optimální návrhovou variantu.

Maximální provozní spolehlivost je již podchycena v konstrukčním řešení a výrobě výměníku. Velký podíl na ni má však kvalita a správná četnost prováděné údržby. Spolehlivost výměníků tepla je dána především minimální poruchovostí a dobrou opravitelností výměníku.

1.3 Požadavky na pracovní (teplotné) látky

Velká měrná tepelná kapacita, popř. měrné výparné teplo, vysoký součinitel tepelné vodivosti a přestupu tepla, vhodný vztah mezi teplotou varu a tlakem, nízká viskozita a s ní související nízké tlakové ztráty při proudění, nízká koroze zařízení, zdravotní nezávadnost i dostatečný výskyt v biosféře a relativně nízká cena. Komplexně splňují nejlépe tyto požadavky v obvyklých případech voda a vodní pára, jejich určitými nedostatky jsou jednak možnost koroze materiálu, jednak vznik nánosů solí obsažených ve vodě na výhřevné ploše. U vody pak navíc požadavek udržování dostatečného tlaku, aby při dané pracovní teplotě nedocházelo k varu a nevznikala pára. Proto se u malých otopných soustav někdy používá místo vody kapalin s vysokým bodem varu při tlacích blízkých normálnímu tlaku.

Pro přenos tepla s vysokou teplotou do 900°C se v energetice používají tekuté kovy, např. směs sodíku a draslíku. Tyto slitiny mají sice vysokou tepelnou kapacitu, dobrou tepelnou vodivost i přestupní součinitel, ale jsou provozně problematické tím, že při zchladnutí zařízení ztuhnou a musí se proto při odstavování včas z okruhu vypouštět. Při netěsnostech výměníku reaguje navíc sodík s vodou a prudce hoří.

Vzduch, spaliny, popř. jiné plyny, mají při přenosu tepla nevýhodu v nízké měrné tepelné kapacitě i

tepelné vodivosti a ve špatném součiniteli přestupu tepla, takže vyžadují větší objemové průtoky a velké výhřevné plochy výměníků. Obdobně se projevuje i přehřátá pára, na rozdíl od páry syté, resp. mokré, popř. kondenzující páry, které naopak mají součinitele přestupu tepla vysoké. Není proto například vhodné používat pro otopné výměníky přehřátou páru, mimo jiné i proto, že vysoká teplota přehřáté páry způsobuje velké tepemé ztráty a vyžaduje větší tloušťku tepelné izolace u výměníků tepla i potrubí.

Výhody a nevýhody syté páry jako teplonosné látky vůči vodě jsou zhruba tyto:

- Pára protéká výměníkem a tepelnou sítí na úkor své tlakové ztráty a tudíž není třeba oběhového čerpadla jako u vody, takže klesají náklady na investice i provoz čerpadel. Naopak pokles tlaku páry v důsledku odporů při proudění znamená při teplotě provozu úbytek elektrické energie, odpovídající snížení entalpického spádu při expanzi o vzniklou tlakovou ztrátu.
- Protože měrná hmotnost páry je nižší než u vody, jsou přídatná pevnostní pnutí vyvolaná silami zemské tíže, jakož i hydrostatické tlaky u parních výměníků menší než u vody.
- U páry je snazší zjišťování netěsností a poruchových míst než u vody, avšak hmotnostní únik páry netěsnostmi je větší, přitom úprava vody k výrobě páry je složitější než u vody a tudíž i nákladnější.

Pro vyšší teploty páry je nutné také zvýšení tlaku. Vysokotlaké výměníky pára-voda vycházejí objemně, drahé a často málo spolehlivé.

1.4 Konstrukce výměníků tepla

1.4.1 Výměníky rekuperační trubkové

Pracovní látky jsou odděleny pevnou stěnou, která tvoří výhřevnou plochu výměníku. Podle tvaru a provedení této plochy jsou v energetice nejčastější výměníky trubkové, deskové a výměníky s žebrovanými povrchy. Používají se zde jako vysokotlaké a nízkotlaké ohříváky napájecí vody v systémech regenerace, kondenzátory parních turbín, chladiče kondenzátu, chladiče oleje, spalínové výměníky, ohříváky vzduchu a jiné.

Z hlediska skupenství rozeznáváme výměníky:

- bez změny skupenství teplonosných látek,
- se změnou skupenství jedné teplonosné látky,
- se změnou skupenství obou teplonosných látek.

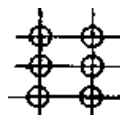
Z hlediska změn proudění rozeznáváme:

- omývání příčné, tj. kolmo na výhřevnou plochu trubek
- omývání podélné, tj. rovnoběžně s osou trubek

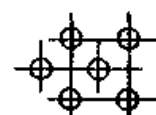


Z hlediska uspořádání trubek rozeznáváme:

- trubky za sebou (v zákrytu)
- trubky přesazené (vystřídáné)

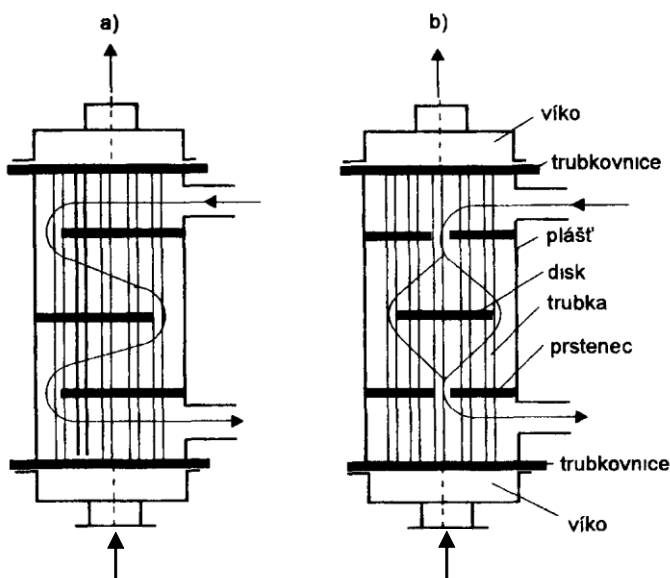


za sebou



přesazené

Pro přenos tepla konvekcí je nejvýhodnější protiproudé zapojení, tj. proudění vnější pracovní látky kolmo na výhřevnou plochu trubek s uspořádáním přesazeným. Výměník tohoto provedení má obvykle nejmenší výhřevnou plochu a tudíž i nejmenší hmotnost.



obr. 1-4 Plášťový trubkový výměník tepla s přepážkami

a - segmentovými, b - koncentrickými

Nejstarším typem rekuperačního výměníku je plášťový výměník s rovnými trubkami. Schéma je v obr. 1-4. Skládá se z vnějšího pláště s dvěma přivařenými trubkovicemi, do nichž jsou zaválcovány trubky. Těleso má dvě víka, jež se k trubkovicím připevňují šrouby. Trubky bývají ocelové nebo mosazné s tloušťkou stěny 1,5 - 2,5 mm. Průtokový průřez mezi trubkami bývá 2 až 3x větší než průtokový průřez trubek. V mezitrubkovém prostoru se obvykle instalují přepážky - segmentové nebo koncentrické, které zpomalují pohyb vnější tekutiny.

Výhodou rovných trubek je:

- jednoduchá výroba,
- možnost využití minimální tloušťky stěny, což vede ke snížení hmotnosti,
- dobré podmínky pro mechanické čištění,
- možnost výměny poškozené trubky.

obr. 1-5 Článekový trubkový výměník tepla

Rozšířeným typem výměníku je rovněž článkový trubkový výměník nebo výměník dvoutrubkový, trubka v trubce. Schéma článkového výměníku je v obr. 1-5. Jedná se o protiproudý výměník s podélným omýváním vnějšího povrchu.

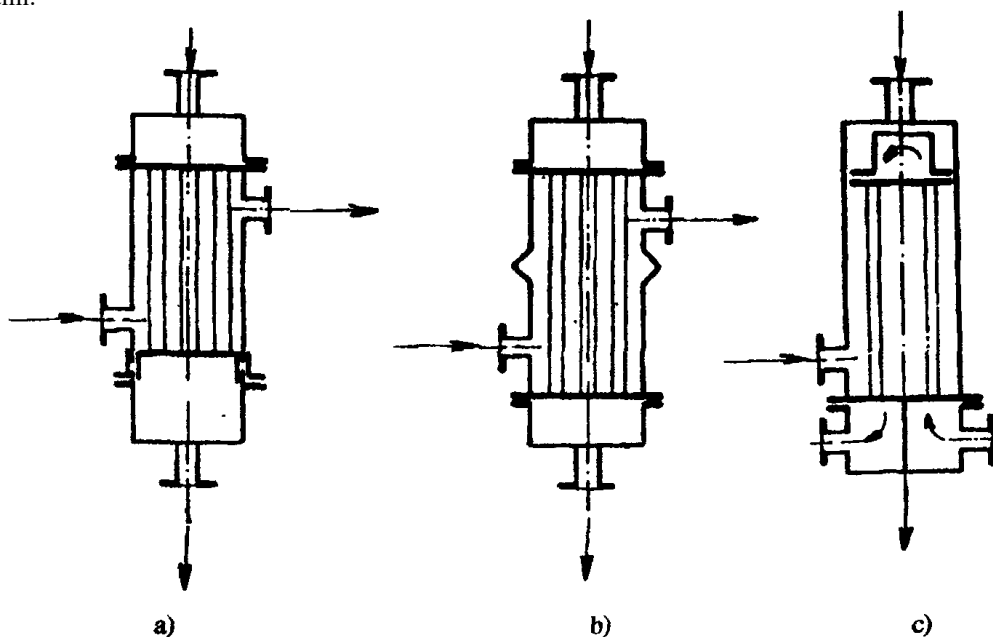
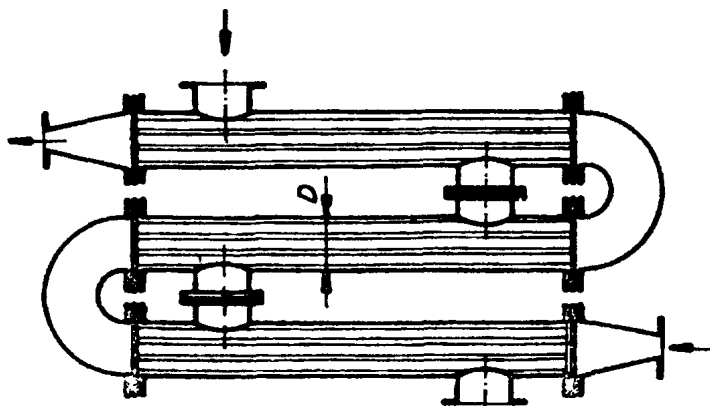
Nevýhodou těchto výměníků jsou problémy s teplotní dilatací trubek mezi pevnými trubkovnicemi. Proto použití těchto typů je omezeno na nižší teplotní rozdíly obou pracovních médií a na nižší tlaky.

Aby bylo možné využít výhod plášťových výměníků s rovnými trubkami i pro vyšší parametry provádí se:

- kompenzace s ucpávkou,
- kompenzace pružným zvlněním pláště,
- kompenzace s plovoucí hlavou.

Příklady jsou v obr. 1-6. Případy a) a c) představují řešení jedné pevné a jedné kluzně uložené trubkovnice. Zatímco ucpávkové uložení se málo používá pro složitost ucpávky, obtížnost jeho udržování (dotahování, utěšňování a nebezpečí prolínání trubek), doznaly výměníky s plovoucí hlavou značného rozšíření. Nejčastěji se používají jako výměníky pára-voda nebo voda-voda. Vyjímatelná trubková soustava usnadňuje opravy. Kompenzace s pružným zvlněním pláště rovněž dobře kompenzuje dilataci. Používá se při větších tepelných tocích. Typickým příkladem jsou kotlové plamenice spaliny-voda.

Kromě nakreslených výměníků se svislou osou trubek (vertikální), používají se též výměníky horizontální.



obr. 1-6 Schémata plášťových rekuperačních výměníků tepla s přímými trubkami

Značného rozšíření v energetice doznaly rekuperační vlásenkové výměníky s U-trubicemi. Příklad vertikálního výměníku je v obr. 1-7 a horizontálního výměníku s akumulacním bojlerem je v obr. 1-8.

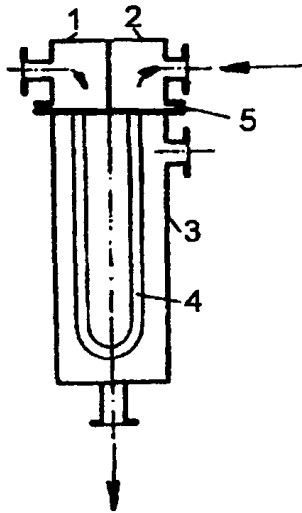
K výhodám U-trubek patří:

- nevznikají problémy s teplotními dilatacemi, neboť trubky se mohou volně roztahovat,
- používá se trubek velmi malých průřezů a tloušťek,
- výměníky mají nízkou hmotnost,
- svazek je kompaktní a dobře využívá prostoru pláště.

K nevýhodám patří nemožnost mechanického čištění vnitřního povrchu trubek a nemožnost výměny poškozené trubky. Při použití vyšších tlaků narůstá tloušťka trubkovnice až do velikosti 500 mm a výroba trubkovnic již vyžaduje zvláštní tepelné postupy.

Na obr. 1-8 je příklad umístění horizontálního výměníku ve spodní části bojleru. Topnou látkou bývá

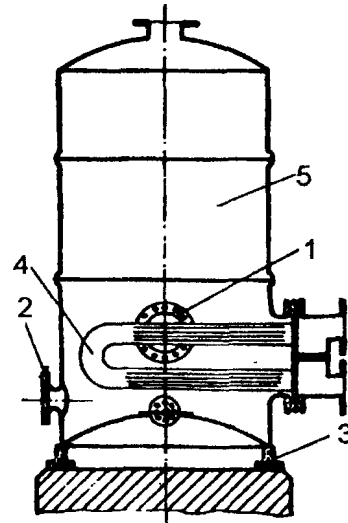
pára nebo voda, ohřivanou látkou voda, olej atd. Nerovnoměrný odběr ohřivané látky je zde kompenzován akumulací nádrží. Výměníky jsou provozovány pouze po určitou dobu, pak jsou odstaveny. Vlastní zásobník může mít stojaté nebo ležaté provedení.



1-vstupní komora, 2-výstupní komora, 3-plášť, 4-výhřevná plocha z vlásenkových trubek, 5-trubkovnice

obr. 1-7 Vlášenkový výměník s U-trubkami

Dalším rozšířeným typem rekuperačního výměníku tepla je výměník se šroubovitě vnutými trubkami. Jeho principiální schéma je na obr. 1-9. Trubky mohou být ve výměníku vedeny i ve více řadách. Výhodami těchto výměníků jsou jednoduchá výroba a využití čistého protiproudou při zachování příčného obtékání trubek média na vnější straně. Oba tyto faktory hrají důležitou roli pro lepší přestup tepla ve výměníku a menší plochu. Nevýhodou je, že trubka je z jednoho kusu a při opravách je nutno ji celou vyměnit.



1-průlez, 2-promývací otvor, 3-litvinový základový kruh, 4-vlásenkový výměník, 5-akumulační nádrž

obr. 1-8 Vertikální bojler - akumulátor

Spirálovitě vnuté trubky mají též tzv. parní vyvíječe páry, kde ohřívacím médiem mohou být např. spaliny z plynového hořáku a ohřívacím médiem upravená voda, která na konci spirály vystupuje jako sytá pára. Vnitřní prostor výměníku je potom spalovací komora.

obr. 1-9 Ležatý výměník se šroubovitě vnutými trubkami

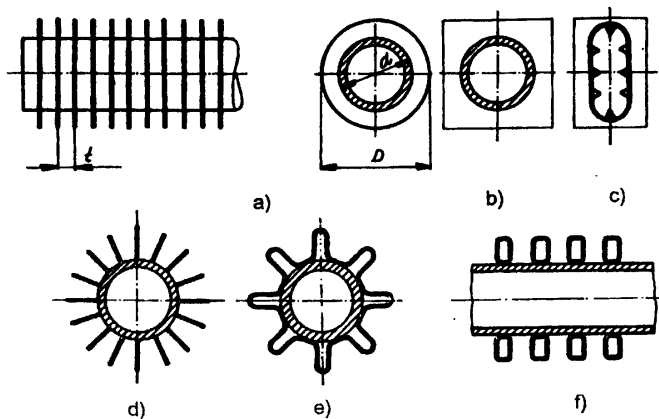
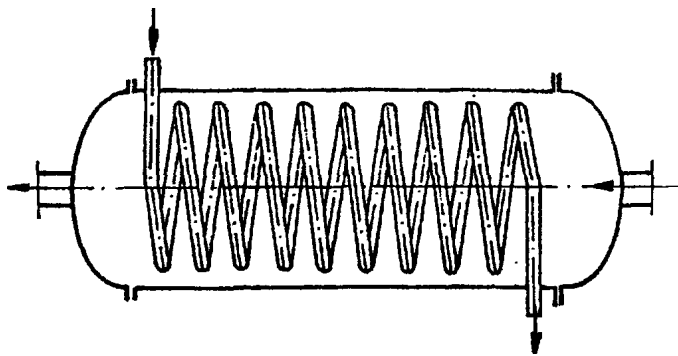
K rekuperačním výměníkům patří též trubkové výměníky s žebrováním. Smyslem žebrování je zvětšení teplosměnného povrchu trubek. Žebrování může být uskutečněno jak na vnějším, tak i na vnitřním povrchu - žebra mohou být příčná, podélná nebo šroubovitě vnutá. Mohou být na trubku navinuta ve formě pásku, mohou být vyválcována z materiálu trubky, případně mohou být litím odlita. Příklady základních druhů žebrovaných povrchů jsou v obr. 1-10.

a,b-trubka s kruhovými a čtvercovými žebry, c-litinná trubka s vnitřním a vnějším žebrováním, d-podélné žebrování, e-páskově žebrování podélné, f-žebrování z drátových profilů

obr. 1-10 Základní druhy žebrovaných povrchů

Pravidla pro použití žebrovaných trubek jsou následující:

1) Žebra lze s výhodou použít u výměníků, které mají výrazně rozdílný součinitel přestupu tepla u pracovních médií.



- 2) Žebra se používají na straně menšího součinitele přestupu tepla.
- 3) Je-li součinitel přestupu tepla přibližně stejný na obou stranách, nemá žebrování smysl. Význam by mělo pouze při použití žebrování na obou stranách.
- 4) Žebrováním dochází:
 - ke zvětšení teplosměnného povrchu,
 - ke zvětšení tepelného toku trubkou,
 - ke snížení tlakové ztráty média na straně žeber v důsledku menšího počtu řad trubek.

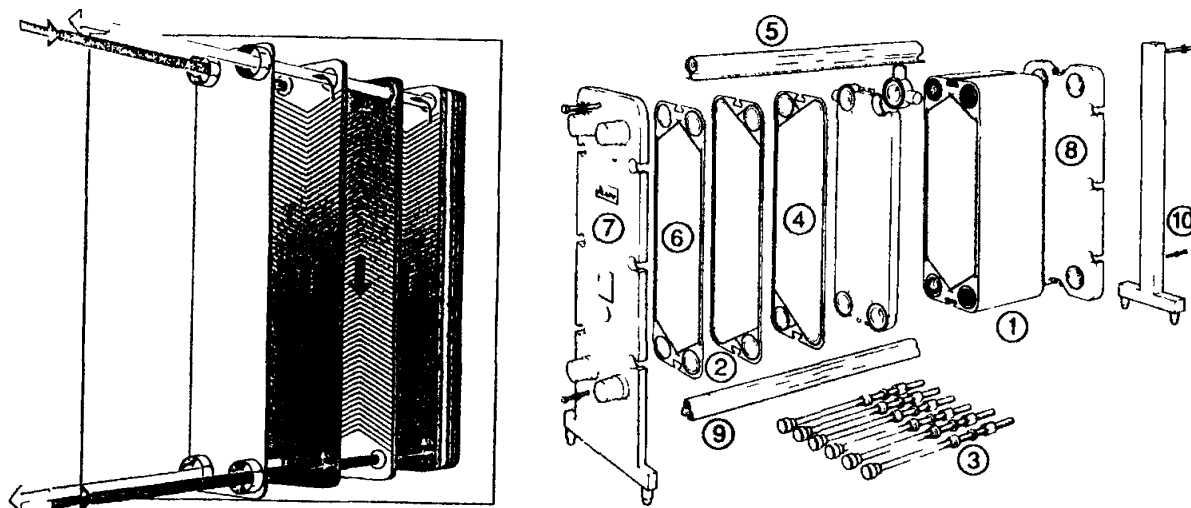
1.4.2 Rekuperační výměníky deskové

V současné době velký nárůst instalací zaznamenávají rekuperační deskové rozebíratelné výměníky. Teplosměnná plocha je vytvořena z tenkých kovových desek, které jsou na sobě pevně přitisknuty. Desky mají prolisy, které po sesazení desek k sobě tvoří kanálky. Jedno médium proudí jednou skupinou těchto kanálků, druhé jinými bezprostředně přilehlými kanálky. Příklad proudění látek a uspořádání desek je v obr. 1-11 a provedení kanálků zvlněním a žlábkováním desek v obr. 1-12.

Z obr. 1-12 je patrné, že pracovní látky v deskovém výměníku proudí v sousedních deskách čistě protiproudě, což je výhodné z hlediska přestupu tepla i dosažení co nejmenší plochy. Jednotlivé desky jsou buď k sobě pájené nebo jsou staženy šroubovými svomiky. Tato druhá konstrukce vyžaduje mezi jednotlivými deskami těsnění.

Desky jsou lisovány z plechů tloušťky 0,4 - 1 mm z různých materiálů od uhlíkových ocelí až po nerezové oceli, titan, nikl aj. Těsnění jsou vyrobena z speciálních pryží, silikonu, nitrilu, případně az-bestových vláken. Maximální mezera mezi deskami bývá 3-5 mm a rychlosti pracovních médií 0,2 -1 m/s. Díky velmi malé tloušťce desek mají malý tepelný odpor.

Největší použití mají deskové výměníky pro ohřev kapalin při provozních tlacích do 3,5 MPa a při teplotách do 150 °C, avšak některé typy mohou pracovat s teplotami do 270 °C při tlacích do 6 MPa.



1 - svazek desek, 2 - vlnitý plech s otvory, 3 - stahovací šrouby, 5 - horní příčka, 4, 6 - teplosměnná deska, 7 - fixační deska, 8 - přítlačná deska, 9 - spodní příčka, 10 - rám výměníku

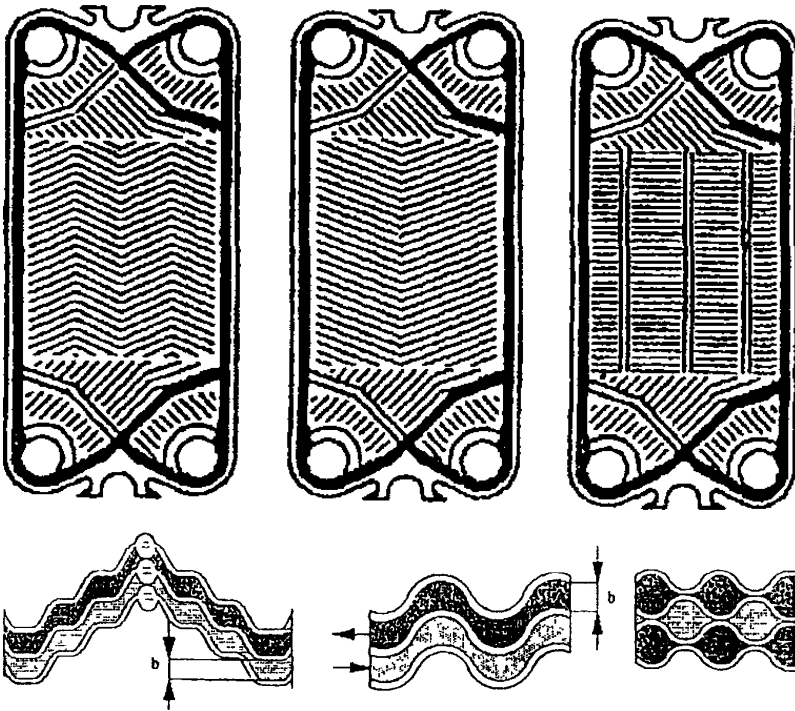
obr. 1-11 Schéma proudění v deskovém výměníku

Orientační hodnoty součinitele přestupu tepla v systémech kapalina - kapalina jsou 500 - 2000 W/m²K. Poměr teplosměnné výhřevné plochy k zastavěnému objemu je cca 250 m²/m³.

Výhodou deskových výměníků oproti trubkovým je:

- kompaktnost řešení,
- čistý protiproud a velká turbulence proudů pracovních látek spolu s malou tloušťkou steny vedou k malým rozměrům a malé hmotě,
- u výměníků lze velmi jednoduše zvětšovat výkon přiřazováním dalších unifikovaných desek

Nevýhodou deskových výměníků jsou problémy s dosažením těsnosti při větších tlacích



obr. 1-12 Příklady zvlnění a žlábkování desek

1.4.3 Výměníky regenerační

Přenos tepla se uskutečňuje prostřednictvím pohyblivé nebo nepohyblivé výplně, která funguje jako akumulátor tepla. Teplejší látka předává teplo této výplni (žárovzdorné cihly, kovové plechy, kuličky případně jiný materiál), která se nahřívá a v následném čase toto naakumulované teplo je předáváno látce ohřívané.

Nejrozšířenější aplikací tohoto typu výměníku v energetice je ohřívák vzduchu kotle spaliny-vzduch, označovaný jako Ljungström. Je poslední teplosměnnou plochou kotlů.

Jeho princip je patrný z obr. 1-13. Sestává z rotoru, který je vyplněn profilovanými plechy uloženými v koších. Rotor je vestavěn do uzavřeného prostoru, rozděleného a současně utěsněného sektorovými deskami na spalínovou a vzduchovou část.

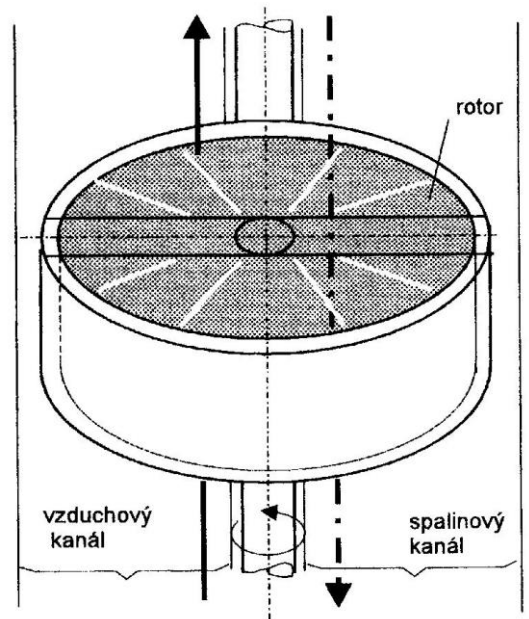
Zásadní předností regenerativního ohříváku Ljungström lze shrnout takto: možnost vyššího ohřátí vzduchu, potřeba menšího obestavěného prostoru pro shodné výkony ohříváku, možnost volby nižších odchodných teplot, možnost účinného čištění za provozu, možnost použití účinné protikorozi ochrany výhřevné náplně, snadná výměna relativně levných výhřevných ploch.

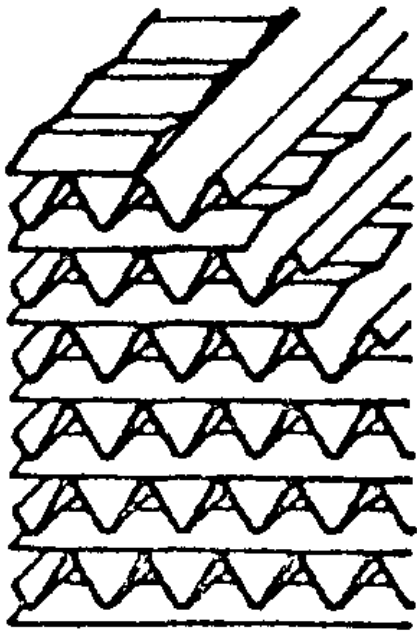
Ohříváky vzduchu jsou stavěny s osou vertikální nebo horizontální. Horizontální ohřívák má projekční výhodu v poloze ložisek, převodovky a elektromotoru. Náboj ohříváku s čepy u tohoto typu je však namáhán ohybovým momentem. Vznikající napětí může zapříčinit únavu materiálu. Konstrukce je hmotnější a dražší. Velké ohříváky vzduchu se proto staví jako vertikální. Ohříváky typu Ljungström byly dosud dodávány jen pro větší parní kotle, nyní se začínají vyrábět i pro menší kotle. Ohříváky jsou typizovány a jsou stavěny do průměru rotoru až 20 m s počtem otáček 2 – 6 za minutu a výkonem poháněného elektromotoru do 40 kW. Akumulační hmota je vytvořena z velkého počtu tenkých profilovaných plechů uložených ve 2 až 3 vrstvách v rotoru. Výška vrstvy studeného konce (vstup vzduchu a výstup spalin) je volena tak, aby teplota kovu dalších vrstev byla vyšší než rosný bod H_2SO_4 . Rotor ohříváku je tuhé svařované konstrukce kruhového tvaru a je rozdělen do několika sektorů, do kterých jsou vloženy akumulací plochy. Nosnou částí pro uložení rotoru je skříň ohříváku, opatřená přechodovými kusy k připojení spalínových a vzduchových potrubí.

obr. 1-13 Regenerační vertikální ohřívák vzduchu Ljungström

Utěsnění rotoru je provedeno pevnými kovovými ucpávkami upevněnými radiálně a axiálně na konstrukci mezi jednotlivými sektory. Tyto ucpávky spolu s radiálními těsnícími deskami rozdělují rotor na vzduchovou a spalínovou část. V mezeře mezi rotorem a skříní je instalováno obvodové těsnění. Efektivní čištění je zajištěno za provozu výkyvnými nebo stabilními ofukovači. Ofukovacími médii je přehřátá pára nebo tlakový vzduch. Výhřevná náplň (obr. 1-14) musí mít především: dobrý přenos tepla, malé tlakové ztráty, levné zhotovení, snadné čištění za provozu, odolnost proti korozi. Síla plechu bývá 0,6 - 1,2 mm. Materiál náplně je volen dle obsahu síry v palivu. Pro palivo s nízkým obsahem síry - uhlíkatá ocel, pro palivo s vyšším obsahem síry - nízkolegovaná ocel nebo profily chráněné proti korozi H_2SO_4 kyselinovzdorným smaltem. Konstrukce ohříváku umožňuje snadnou výměnu této nejméně korozivní ohrožované vrstvy.

Regenerativní ohřívák kotle spaliny-vzduch je svým charakterem technicky náročné zařízení. Rotor ohříváku se pohybuje v prostředí agresivních spalin v nestacionárních teplotních podmínkách. Mezi spalínovou a vzduchovou stranou se podle typu kotle vyskytují tlakové rozdíly až 10000 Pa. Na stabilní i rotující





části působí složité silové i dilatační poměry. Zvláštní pozornost musí být věnována najíždění a odstavení ohříváků. Před najetím kotle je nutné uvést do rotace výplně ohříváků a nahřát výhřevnou náplň vzduchem ohřátým v kaloriferu na co nejvyšší teplotu. Po odstavení kotle je nutno nechat rotory ohříváků v chodu, dokud teplota před ohřívákem neklesne na 150 - 100 °C. Krátce před odstavením kotle je nutno ohřívák ofukovat. Po odstavení kotle po delší době provozu se doporučuje ohříváky vzduchu propláchnout vodou. Po promytí je nutné výhřevné náplně vysušit horkým vzduchem nebo použít jiný způsob pasivace.

obr. 1-14 Plechy ohříváku Ljungström

Nevýhodou těchto ohříváků je menší těsnost a určité prolínání obou pracovních látek, což značně omezuje použití těchto výměníků.

Závěrem kapitoly o regeneračních výměnících nutno upozornit na následující skutečnost: pojmu „regenerační“ se v energetice též používá ve vztahu k funkci výměníku. V takovém případě vyjadřuje znovuvyužití tepelné energie tj. regeneraci tepla. Běžně se v tepelných schématech používá pojem regenerační ohřívák napájecí vody. Jsou to většinou výměníky rekuperační, případně

směšovací.

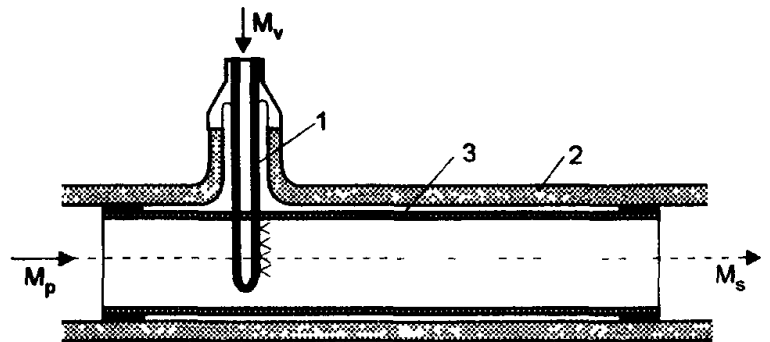
1.4.4 Výměníky směšovací

Sdílení tepla zde probíhá přímým stykem obou pracovních látek. Teplosměnná plocha ve srovnání s ostatními typy výměníků zde neexistuje. V energetice se těchto výměníků používá ve více aplikacích. Zde jsou uvedeny dvě nejčastější:

- vstřík vody do páry,
- ohřev napájecí vody.

K regulaci teploty přehřáté páry u kotle se v současné době nejčastěji používá vstřík napájecí vody do páry. Tato regulace je jednostranná tzn., že snižuje teplotu přehřáté páry z kotle. Množství vstříkované vody je automaticky regulováno. Schéma vstříku je patrné z obr. 1-15.

1-trubka s rozstříkovacími otvory, 2-základní parní potrubí, 3-vnitřní vestavba



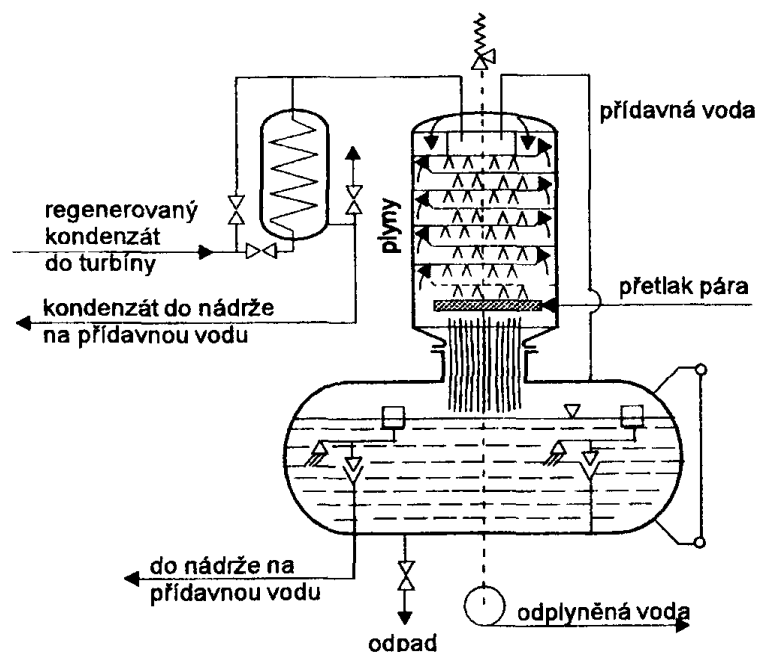
obr. 1-15 Vstříkovací chladič páry

Vstříkovaná voda je vždy chladnější než pára, a proto je nutné zabránit přímému styku s tlustostěnným pláštěm parního potrubí. Přívodní potrubí vstříkované vody se proto přivazuje k ochrannému nátrubku. Vypaření kapiček trvá určitou dobu a chladič musí proto mít dostatečně dlouhou plechovou vložku.

Hlavní výhodou těchto chladičů páry, rovněž používaným, oproti chladičům rekuperačním je jednoduchost konstrukce a rychlá odezva na teplotu přehřáté páry.

Druhou rozšířenou aplikací směšovacího výměníku je ohřev napájecí vody. Jedná se o mísení vody a nízkotlaké páry. Protože vedle výměny tepla zde dochází i ke změně chemického složení, nazývají se tyto výměníky tepla odplyňovávky. Schéma je patrné na obr. 1-16.

obr. 1-16 Nízkotlaký odplyňovák



V napájecí vodě jsou obsaženy plyny jako kyslík, dusík, vodík a oxid uhličitý. Tyto plyny způsobují koroze ze strany vody a je proto nutné je odstraňovat. Tepelné odplynění se uskutečňuje většinou při teplotě varu 105 °C při mírném přetlaku. U větších jednotek se používá též tlakové odplynění při teplotě 160 - 165 °C a tlaku 0,6 - 0,7 MPa.

Odplyňovač sestává z válcové stojaté nádoby, v níž jsou kaskádovitě uspořádané děrované plechy. Po nich stéká napájecí voda a v protisměru je přiváděna topná pára. Pro dosažení dobré funkce odplyňovače je nutné zajistit velkou stykovou plochu mezi vodou a parou, což se nejčastěji děje tzv. sprchovým provedením. Voda stéká v drobných kapičkách dolů proti páře, která udržuje v zařízení konstantní teplotu varu. Při tomto izobanckém ději dochází k uvolnění plynů. Jejich teploty se ještě využívá k ohřevu kondenzátu v rekuperačním ohříváku. Odplyněná voda odchází do zásobní nádrže, kde je udržována stálá hladina. Ze zásobníku je odčerpávána do kotle, přebytečná voda do zásobníku přídatné vody.

1.5 Provoz výměníků tepla

Při provozování výměníků tepla mohou nastat určité problémy, s kterými je nutno se vyrovnat. Základním problémem jsou netěsnosti pracovních látek. Jejich příčinami jsou:

- zanášení výhřevných ploch,
- koroze výhřevných ploch,
- abraze výhřevných ploch.

Zanášení je usazování různých materiálů - solí, korozních produktů a pevných látek z teplotně odolných látek na výhřevnou plochu výměníku. Protože tepelná vodivost nánosů bývá podle druhu nánosů v rozmezí 0,5 - 2 W/m²K, zhoršuje se silně prostup tepla a tepelný výkon. Nánosy mohou být na obou stranách pracovních látek.

Zanášení lze ovlivnit:

- úpravou vody, tj. snížením koncentrace solí,
- mechanickým čištěním trubek doporučenými chemikáliemi.

Koroze ze strany vody se vyskytují především na straně teplé užitkové vody. Jsou způsobeny kyslíkem, případně oxidem uhličitým. Napadení je většinou důlkové. Jeho intenzita se značně zvyšuje přítomností inkrustací a sedimentů.

Rozsah napadení závisí:

- Na chemickém složení vody, zejména koncentraci O₂, CO₂, Ca, Mg, HCO₃, chloridů a síranů. Dávkování vhodných inhibičních látek a odplyněním vody může proces koroze výrazně zpomalit.
- Na použitých materiálech výhřevných ploch a plášťů výměníku. Nechráněná nízkouhlíková ocel podléhá korozi, která může být potlačena pozinkováním, případně používáním různých speciálních povrchových povlaků. Zvýšená odolnost proti korozi byla též zaznamenána u ocelí legovaných niklem, chromem a molybdenem a rovněž u nerezavějících ocelí. Velkou odolnost proti korozi ve vodě má měď.

Rozsah napadení na straně spalin u kotlových výměníků závisí především na složení spalovaného paliva a provozní teplotě. Povrchová teplota kovu trubky musí být nad rosným bodem spalin. Ten je závislý na obsahu kyselých prvků v palivu (S, Cl, F) a obsahu H₂SO₄, HCl a HF ve spalinách. Hlavními prostředky proti nízkoteplotním korozím na straně spalin jsou:

- optimalizace spalovacího režimu, zejména minimalizace přebytku vzduchu,
- udržení teploty povrchu trubek nad rosným bodem - např. parní předeřev vzduchu u spalinových ohříváků vzduchu kotle,
- používání odolných materiálů vůči korozi, dávkování aditiv do spalovacích komor kotlů.

Abraze (otěr) výhřevných ploch je charakteristická pro proudění spalin, obsahující pevné částice. Tyto částice způsobují na straně spalin úbytek materiálu a v konečné fázi vedou k netěsnostem. Typické jsou tyto poruchy u ohříváků vody v kotlích na tuhá paliva.

Prevence je možná:

- snížením rychlosti spalin, neboť úbytek materiálu abrazí je přibližně úměrný rychlosti spalin w_s^3 ,
- konstrukčními úpravami v podobě pasivních ochran trubek.

Kromě těchto uvedených hlavních příčin poruch výměníků tepla přicházejí ještě v úvahu:

- netěsnosti v zaválcování v trubkovnicích,
- vady svarů a materiálu,
- eroze vodou v důsledku kondenzační fáze,
- únavové porušení trubek v důsledku vibrací svazku trubek,
- kavitační poškození,
- kvalita těsnění u deskových výměníků tepla aj.