

Posudek disertační práce

Autor	: Ing. Jiří Kuchař, IWE
Název	: Studium a úpravy vnitřních povrchů energetických soustav
Školitel	: Doc. Ing. Viktor Kreibich, CSc.
Pracoviště	: České vysoké učení technické v Praze Fakulta strojní Ústav strojírenské technologie
Studijní program	: Strojní inženýrství
Studijní obor	: Strojírenská technologie

Předkládaná disertační práce se zabývá problematikou čištění vnitřních teplosměnných povrchů chemických a energetických zařízení, ve kterých, z různých důvodů existuje během provozu vlivem provozního prostředí možnost vzniku korozních zplodin nebo usazenin. V současné době jsou vypracovány a používány různé metody čištění vnitřních povrchů velkých energetických zařízení (výměníky, bubny, přehříváky, přihříváky). Tyto metody však nelze aplikovat na čištění menších energetických zařízení. U těchto zařízení se po snížení účinnosti často čištění neprovádí a zařízení se vymění.

Cílem disertační práce bylo ověření možnosti chemického čištění vnitřních povrchů topných a chladicích menších energetických zařízení, která by splňovala kvalitu čištění, bezpečnost při čištění a ekonomickou výhodnost. Volba vhodného čisticího prostředku, monitoring během čisticího procesu a likvidace použitých čisticích látek jsou velmi aktuální problémy. Výsledky disertační práce přispívají ke zvýšení životnosti a bezpečnosti provozu menších energetických zařízení.

Disertační práce je rozdělena do několika kapitol, které na sebe postupně navazují. V oblasti literární rešerše byl proveden přehled řešené problematiky. Je zřejmé, že autor prostudoval, roztrídil a zpracoval velké množství potřebné různé literatury vztahující se k problematice čištění vnitřních povrchů, především

- materiály používané v energetických soustavách, včetně stále více využívaných korozivzdorných ocelí
- složení různých medií používaných při provozu energetických zařízení, včetně jejich vlastností
- vliv nečistot na zanášení vzhledem ke kvalitě povrchu důsledku
- vliv přestupu tepla na účinnost zařízení a stanovení nutnosti čištění

Rozsáhlá část je věnována podmínkám při vytváření korozních zplodin a usazenin na vnitřním povrchu:

1. Vzniku korozních oxidických vrstev v důsledku složení materiálu a agresivity prostředí. Tato část je zpracována velmi dobře a přehledně a vysvětluje korozní odolnosti používaných materiálů v provozních prostředích i za vysokých teplot.

2. Vzniku usazenin vlivem chemického složení v závislosti na obsahu Ca^{2+} , Mg^{2+} a HCO_3^- obsažených v provozním prostředí a dále
- vlivu stavu povrchu (drsnosti) na vznik a rozložení usazenin
 - vlivu provozních parametrů prostředí (teplota, proudění, pH)
 - vlivu inhibitorů na snížení agresivity prostředí
 - vliv bakterií a organických látek na zanášení

Rozhodující pro vznik usazenin je pH a chemické složení vod. Pokud jsou tyto hodnoty známé, je možno určit pravděpodobnost tvorby usazenin na bázi Ca a Mg nebo možnost k rozpouštění kovu vlivem HCO_3^- . V diskuzi k dizertační práci by bylo vhodné doplnit rozhodující podmínky pro vznik vrstev na vnitřním povrchu nelegovaných ocelí (obsahu Ca^{2+} , Mg^{2+} a HCO_3^-).

V další části jsou popsány různé metody čištění vnitřních povrchů (mechanické a chemické) v závislosti na možnosti čištění při odstávkách nebo během provozu včetně výhod a nevýhod. Vzhledem k cílům disertační práce jsou podrobněji popsány a zhodnoceny metody chemického čištění pro různé druhy materiálů a základní čisticí media na bázi vodných roztoků (kyselin, zásad a solí, vodní páry nebo organických rozpouštědel). Důležité je, že tato část se zabývá i současným vysoce aktuálním tématem, tj. možnostmi likvidace odpadů po čištění.

Rozsáhlá experimentální práce je rozdělena na několik částí, které na sebe logicky navazují

- výběr konkrétních metod chemického čištění menších energetických zařízení (statické, cirkulační, při odstávce, při provozu)
- výběr vhodných čisticích prostředků podle typu znečištění vnitřních povrchů
- popis metodiky zkoušek

Bylo provedeno laboratorní porovnání sedmi různých typů čisticích prostředků. Na základě těchto laboratorních zkoušek provedených za stejných podmínek, byl pro další rozsáhlé experimentální práce, vybrán čisticí prostředek označený jako Z - fáze. Tento prostředek má jako rozhodující složku kyselinu chlorovodíkovou o koncentraci 5 mol (18 %) a obsahující inhibitory jako jsou aminy, dusičnany, a sírany. Co je na tomto přípravku nové, je přítomnost sloučeniny glyoxal (dialdehyd kyseliny šťavelové) v množství 10 %. Je to látka, která se obvykle využívá v potravinářském a farmaceutickém průmyslu, ale její použití jako součást čisticích prostředků nebyla dosud použita. Čištění roztokem o koncentraci 1.8 % HCl v kombinaci s 1 % glyoxalem (po ředění Z – fáze 1:10) zahrnuje i pasivaci povrchu. Právě použití tohoto nového čisticího prostředku je největším přínosem této disertační práce.

Bylo postaveno laboratorní i provozní zařízení umožňující aplikaci čištění pomocí roztoku Z-fáze na principu metody cirkulační. Jako materiál pro toto zařízení byly použity materiály odolné v HCl. Byla provedena řada aplikací čisticího prostředku na různé typy zařízení umožňující posouzení účinnosti Z – fáze. Většina zařízení byla z uhlíkových konstrukčních ocelí, např. odstranění korozních produktů nebo minerálních usazenin u deskového výměníku, čištění topného kotle, čištění kompresorové stanice nebo čištění tvářecích válců. Po vyhodnocení stavu povrchu po čištění byla prokázána vysoká účinnost čištění i dobrá kvalita vyčištěného povrchu. **Pouze u hodnocení průběhu čištění tvářecích válců tab. 13 na straně 65 mi není jasný vztah času, pH a množství zkušební roztoku.**

Samostatnou částí je návrh metodiky čištění chladiče z korozivzdorné oceli, kde vzhledem k nebezpečí bodové koroze se nesmí používat prostředí obsahující HCl, proto použití Z- fáze je vyloučené. Protože v současné době se stále rozšiřuje použití menších zařízení vyrobených z korozivzdorných ocelí, nabývá čištění povrchu z těchto ocelí na důležitosti. Byly popsány a odzkoušeny 3 prostředí a bylo vybráno prostředí obsahující jako hlavní složku roztok persíranu sodného (25 %) s peroxidem vodíku při teplotě 40°C. Toto prostředí má odpovídající výsledky po čištění a zároveň neobsahuje minerální kyseliny (bezpečnost práce, ekologie).

Je samozřejmě nutné, během vyčištění a po jeho ukončení, kontrolovat průběh čištění a vyčerpanost prostředku. Stanovení obsahu HCl nebo Fe není časově a ekonomicky možné. Proto byla pro kontrolu správně zvoleno rychlé a jednoduché měření pH. Výchozí koncentrace po ředění 1:10 je 0.35, což odpovídá pH kyseliny chlorovodíkové cca 2 %, se v průběhu čištění se zvyšuje a bylo prokázáno, že k vyčerpání roztoku dochází při pH cca 1.2 – 1.3 (odpovídá cca 0.2 % HCl). Závislost pH na koncentraci HCl a obsahu Fe na čase pro zanešené trubky z konstrukčních uhlíkatých je ocelí vhodně dokumentováno v tabulkách a diagramech.

Poslední kapitola se zabývá likvidací použitého čistícího prostředku obsahující Z-fázi. V první fázi byla použita neutralizace hydroxidem vápenatým a následně odzkoušeny postupy biologického čištění pomocí aktivovaných kalů. Tento postup se ukázal jako realizovatelný.

Předložená disertační práce se zabývá metodikou a technologickými postupy čištění vnitřních povrchů energetických topných a chladících zařízení s využitím nového čistícího prostředku (Z-fáze) obsahující HCl, glyoxal, inhibitory a pasivační látky. Získané výsledky umožňují výrazně zrychlit proces čištění a kvalitu vyčištěného povrchu.

Cíle disertační práce byly splněny, rozsah odpovídá požadavkům na disertaci a výsledky jsou použitelné pro navrhování čistících postupů pro průmyslová zařízení. Velký význam má využití při zvyšování účinnosti a životnosti menších energetických zařízení s teplosměnnými plochami. Doktorand prokázal odpovídající znalosti a již nyní s těmito výsledky vhodným způsobem seznamuje technickou veřejnost.

Závěrečné hodnocení disertační práce

Disertační práci předloženou Ing. Jiřím Kuchařem, IWE „Studium a úpravy vnitřních povrchů energetických soustav“ vypracované na ČVUT v Praze, Fakultě strojní, Ústavu strojírenské technologie

doporučuji k obhajobě

V Praze dne 7.4.2020
CSc.

Ing. Otakar Brenner,