

Метод за изследване на износоустойчиви покрития нанесени в тръби и други вътрешни повърхнини посредством скоростна водно-абразивна струя

Стефан Недев, Анастас Стоянов, Ангел Кожухаров

Abstract: *Method for the study of wear-resistant coatings in pipes and other internal surfaces through water abrasive jet. Developed a method for testing the wear and other coatings, caused by internal surfaces, including and tubes using water-abrasive jet. Technical device is examined the test performance, how to work with it, its principle of operation and ongoing physical processes.*

Key words: *high-pressure water-jet, abrasive water-jet, wear, abrasion, erosion, coatings, erosion resistance.*

ВЪВЕДЕНИЕ

За подобряване експлоатационните качества на изделията се използват защитни, износоустойчиви, корозионноустойчиви и други покрития. Съществуват редица методи за изследване. Често се налага използването на покрития с различно предназначение по вътрешните повърхнини на детайли. Такива са например цинковите, полимерните и други покрития, които се използват за защита от корозия на тръби с различно предназначение. Диаметрите на тези тръби могат да бъдат и под $1/2''$. Малките вътрешни диаметри значително затрудняват практическото им изследване. В практиката най-често се прилагат методи за изследване на покрития нанесени върху външни повърхнини и използване на получените резултати към покрития нанесени върху вътрешни повърхнини. Тогава съществуват различия между вида на въздействията, на които са подложени покритията при изследване и фактическите работни условия. При тръбопроводи с малки вътрешни диаметри протичат принципно различни физични процеси: турбуленция, кавитация, наличие в определена концентрация на различни механични примеси, химически елементи, предизвикващи ускорена електрохимична корозия, както и редица други трудно предвидими при предварителните проектни разчети въздействия. Това предполага наличието на значителни разминавания между експерименталните и наблюдаваните експлоатационни резултати. Тези аспекти на изследванията са задължителни за последващ сравнителен анализ на различни покрития, с оглед намиране на оптимално при специфичните експлоатационни условия. Това доведе до практическото разработване на предложения метод. Чрез разработването и практическото му прилагане се отстраняват посочените недостатъци на съществуващите и използвани в момента методи за изследване на такива покрития.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За практическото реализиране на цитирания метод е разработана експериментална установка. Увеличаване скоростта на водната струя се получава чрез повишаване налягането на водата посредством използването на високонапорна (ВН) водна помпа [2]. При този вид помпи налягането на водата може да се повишава до $4200[bar]$. Работните им дебити обикновено се намират в диапазона от $2[l/min]$ до $200[l/min]$. Широкият диапазон от работни дебити и наляганя дават пълна свобода при избора на ВН помпа с подходяща комбинация между тях. Плавно регулиране работното налягане на ВН помпа се осъществява чрез регулатор на налягане (РН) показан на фиг.1 [3]. Чрез него се задава и работният диапазон на водното налягане. Обикновено това става чрез определяне на горното и долното положение до което може да се затяга ръкохватката на РН.

Препоръчително е настройката на РН да става в последователност описана от производителя [3]. Възможно е поставянето на ВН помпа на предпазен клапан, който

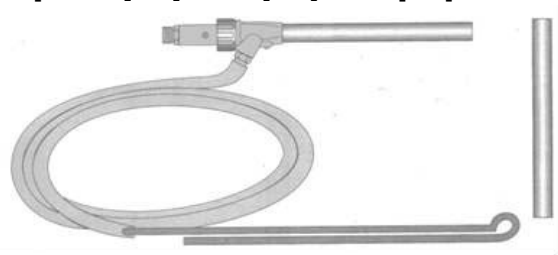


Фиг.1

се настройва за налягане превишаващо с 20 % максималното работно налягане. Настройването му става принципно еднакво с настройката на РН, като първо се настройва предпазния клапан, а след това РН. Когато в експериментите се използва предварително подгрята вода и ВН помпа с високотемпературна помпена глава е възможно поставянето на температурен предпазен клапан, ограничен от производителя за 80° [C] или 95° [C].

За целите на разработената опитна установка, за създаване на скоростната водно-абразивна струя е използван серийно произвежданият от фирмата "Kraenzle" GmbH – Германия високонапорен пясъкоструен комплект (ВНПК), поради изключително подходящата конструкция на пясъкоструйния накрайник. Дължината на накрайника е 300[mm]. Целият комплект е показан на фиг.2 [3]. Изследваното покритие се нанася по вътрешната повърхност на този пясъкоструен накрайник. Покритията по вътрешната повърхност на тръбни накрайници се получават трудно, като се използва специално разработено оборудване, обикновено със значителна цена. Покритие може да се нанася лесно като се разреже надлъжно пясъкоструйният накрайник. Износоустойчивият слой може да бъде еднослоен или многослоен. Отлагането става чрез вакуумно изпарение в универсална вакуумна установка [1]. В накрайника на ВНПК, използван за практическа реализация на опитната установка към разработения от нас метод се предвижда използването на работно налягане от 80[bar] до 250[bar] и дебит до 25[l/min]. За конкретните изследвания се използват дюзи: .04, .045, .05, .055, .06, .065, съответно с диаметър на отвора: $\varnothing 1,35[mm]$; $\varnothing 1,40[mm]$; $\varnothing 1,55[mm]$; $\varnothing 1,60[mm]$; $\varnothing 1,72[mm]$; $\varnothing 1,75[mm]$.

Максимална дължина на смукателния шланг за абразива е при различните модели между 2[m] и 5[m]. Внасянето на абразива във ВН водна струя става на ежекторен принцип [1]. Възможно е дозиране на абразива чрез регулатор на смукателния вход. В някои



Фиг.2

модели ВНПК е предвиден интегриран регулатор - фиг.3 [3]. За правилната работа на ВНПК трябва да се има предвид, че смукателният вход за абразива стои при работа винаги в горно положение. Това се налага, за да не навлиза вода при прекъсване по някаква причина на работата с ВНПК. Навлизането на вода в смукателния маркуч води до невъзможност за последващо продължаване на работа с установката. В такъв случай трябва да се извърши пълно подсушаване на смукателния маркуч за абразива. Свързването на ВН помпа и ВНПК става чрез ВН маркуч с максимално налягане 400[bar]. Цялата опитна постановка е показана на фиг.4, където са използвани следните означения: 1-флуидоподаваща ВН помпа, 2-

ВН маркуч, 3- ВН пистолет, 4-ланцет, 5-удължител, 6-ежектор, 7-смукателен шланг, 8-сонда, 9-абразив. Избраният модел ВНПК използва абразив с едрина от $0,2[mm]$

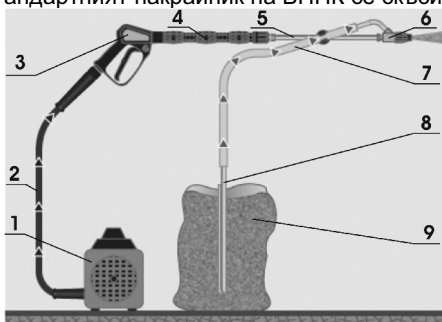


Фиг.3

до $2[mm]$. Действието му е показано на фигури 5 и 6 [3]. В разработената опитна постановка се определя изменението на теглото на ВН накрайник след определено време на работа. Това на практика става, след като се

нанесе изследваното покритие по вътрешната страна на ВН накрайник и той се монтира на ВНПК. Когато за нанасянето на покритието се налага разрязване на ВН накрайник, то след нанасянето на съответното покритие върху полуформите, те отново се сглобяват посредством пръстени и уплътнения за срезове.

Изследването на покрития, нанесени по вътрешни повърхнини със специфична конфигурация може да се извършва като стандартният накрайник на ВНПК се скъси и към него се прикрепя по подходящ начин изследвания образец. Покрития по повърхнини с малки вътрешни диаметри се изследват, като се подбират подходящи налягания и дебити на подаваната от ВН помпа вода, както и се избират дюзи с подходящ размер. Разработеният метод се състои в измерване на изменението на теглото на ВН накрайник, дължащо се на отнемане на материал от накрайника, на който е нанесено съответното покритие. Методът позволява да се определят следните



Фиг.4

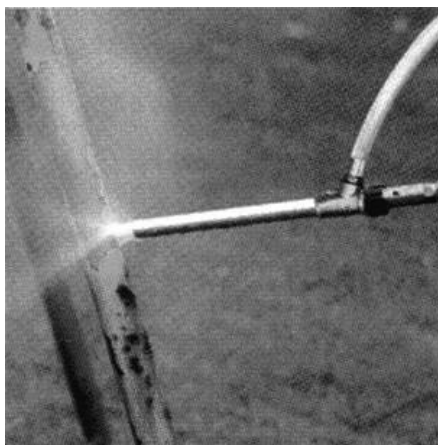
характеристики при изследване на покрития съгласно разработената методика:

- скорост на внасяне на абразив във водно-абразивната струя;
- концентрация на абразива във водно-абразивната струя;
- изменение теглото на образеца през определени равни интервали при постоянна концентрация на абразива във водно-абразивната струя;
- скорост на износване, отчитана през равни интервали от време и при постоянна концентрация на абразива във водно-абразивната струя;
- коэффициент, отчитащ износването на образеца от теглото изразходван абразив;
- изменение теглото на образеца, под действието на равни порции абразив;
- изменение теглото на различни образци, измерено през равни интервали от време, при различна концентрация на абразива във водно-абразивната струя;
- скорост на износване на образеца измерен през равни интервали от време, при постоянна концентрация на абразива във водно-абразивната струя в зависимост от температурата на струята;
- скорост на износване на образеца през равни интервали от време, при постоянна концентрация на абразива във водно-абразивна струя в зависимост от скоростта на флуидния поток;
- скорост на износване на образеца през равни интервали от време, при постоянна концентрация на абразива във водно-абразивната струя в зависимост от налягането, подавано от ВН помпа;
- скорост на износване на образеца през равни интервали от време, при постоянна концентрация на абразива във водно-абразивната струя в зависимост от



Фиг.5

използваната фракция абразив.



Фиг.6

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработеният от нас метод и експериментална установка, представляват неразделни помежду си елементи от единна практически приложима система за изследване на широка гама покрития, нанесени в различни по своята конфигурация вътрешни повърхнини.

Възможността за изследване без ограничения на различни покрития нанесени по вътрешни повърхнини с различна форма, при различни комбинирани въздействия върху тях и условия максимално близки до работните, дава възможност за навлизане на реализирания експериментален метод в изследователските лаборатории, като неразделна част от тяхното оборудване, задоволяващо специфични изисквания.

ЛИТЕРАТУРА

[1] С.Мирчев, Основи на вакуумната техника, изд. ПУ"Паисий Хилендарски", 1986г.

[2] А.Стоянов, С.Недев, М.Христов, Каскадно управление на паралелно свързани високонапорни водни помпи за приложение в стационарни високонапорни промишлени системи чрез управление по електрохидравлична връзка, ТЕХСИС`2009 – Пловдив, 2009 г., том 14, свитък 2, стр.243-248

[3] Каталози и публикации на фирмите: "Koerting Hannover"AG, "Hammelmann Maschinenfabrik" GmbH, "Kraenzle" GmbH, "Interpump Group" S.p.A., "Brendle" GmbH и "Enz technik"AG от 2009 г.

За контакти:

гл.ас.маг.инж.физик Стефан Радев Недев e-mail: stefan.nedev@mail.bg;

маг.инж.;маг.ик.;инж.физик Анастас Стефанов Стоянов

e-mail:anastas.stoyanov@abv.bg; Ангел Димитров Кожухаров; Пловдивски университет "Паисий Хилендарски", Физически факултет; 4000 Пловдив, ул."Цар Асен"№24

Докладът е рецензиран.