

Korozní degradace kovových materiálů v prostředí pivovarského provozu

Corrosion Degradation of Metal Materials in the Fermentation Industry Environment

JIŘÍ VOTAVA

Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno / Mendel University in Brno, Zemědělská 1, 613 00 Brno

e-mail: xvotava@node.mendelu.cz

Votava, J.: Korozní degradace kovových materiálů v prostředí pivovarského provozu. Kvasny Prum. 57, 2011, č. 11–12, s. 429–433.

Drtivá většina strojních zařízení je vyrobena z ocelových materiálů. Pivovarský průmysl není výjimkou. Jelikož se jedná o provozovny se značnou vlhkostí a různorodou teplotou, nastává zde značná degradace kovových součástí vlivem koroze. Jedná se o pozvolný děj, který ovšem může při své graduaci (vyvrcholení) způsobit odstávku celé výrobní linky. Cílem příspěvku je doporučit vhodnou antikorozní ochranu pro podmínky kvasného (pivovarského) průmyslu na základě výsledků testů dvou antikorozních systémů. V obdobných podmínkách jako v reálné praxi byl testován syntetický jednovrstvý nátěr (organická ochrana) a povlak vytvořený žárovým zinkováním (anorganická ochrana). Pro zvýšení korozního tlaku byly oba systémy porušeny mikrotrhlinami, které approximují poranění celistvosti povlaku. Ztráta těsnosti antikorozního povlaku můžeme v běžných provozních podmínkách sledovat velice často.

Votava, J.: Corrosion degradation of metal materials in the fermentation industry environment. Kvasny Prum. 57, 2011, No. 11–12, p. 429–433.

A vast majority of machine works is made of steel materials and a fermentation industry does not seem to be an exemption. As there are plants with a high humidity and a heterogenic temperature in the fermentation industry, a large degradation due to the corrosion occurs. It is a gradual process, which in its graduation might cause a shutdown of the whole production line. The aim of this contribution was to make recommendations of an appropriate corrosion protection applicable in the fermentation (brewery) industry, based on the results of tests of two anticorrosion systems. In the laboratory simulating normal service conditions, there was tested a synthetic single-layer paint (organic protection) and a zinc-coating layer (inorganic protection). In order to increase corrosion pressure, both anti-corrosion systems were destructed by microcracks which approximate a normal destruction of coating compactness which normally occurs in service conditions.

Votava, J.: Korrosion Degradation der Metallmateriale in den Brauereien. Kvasny Prum. 57, 2011, Nr. 11–12, S. 429–433.

Die Ausrüstung in den Brauereien wird am meisten aus Stahl oder Metall hergestellt, die Brauindustrie macht keine Ausnahme. Durch die hohe Feuchtigkeit und verschiedene Temperatur in den Produktionsräumen fängt durch die angreifende Korrosion eine wesentliche Degradation der Metallteile an. Es handelt sich um einen langsamen Prozess, der bei der Graduation einen Stop der Herstellungslinie verursachen kann. In dem Artikel wird ein Antikorosionsschutzverfahren beschrieben, der auf Grund der Testergebnisse von zwei Antikorosionssystemen entwickelt wurde. Unter den ähnlichen Bedingungen wie in der realen Praxis wurden ein synthetischer einschichtiger Anstrich (der organische Schutz) und ein durch Feuerverzinkung gestalteter Bezug (anorganischer Schutz) getestet. Für eine Erhöhung des Korrosionsdrucks wurden beide Systeme durch Mikrorisse beschädigt, die eine Verletzung der Oberfläche approximieren. In die Praxis unten laufenden Betriebsbedingungen kann man einen Verlust der Dichtigkeit des Bezuges sehr oft beobachten.

Klíčová slova: koroze, antikorozní ochrana, ocelové části strojů, syntetický nátěr, zinkový povlak

Keywords: corrosion, corrosion protection, steel machine works, synthetic paint, zinc chat

1 ÚVOD

Prostředí pivovarského provozu se může hodnotit z hlediska koroze jako značně agresivní. Klíčovou roli zde hraje především vysoká vlhkost a teplota. Tyto dva faktory jsou spouštěcím mechanismem pro elektrochemickou korozi [1]. Ztráty v podobě úbytku materiálu ze základních součástí mnohdy vedou k odstavce celé výrobní linky. Nejedná se však o masivní úbytek v podobě překorodování např. hnacích či hnaných hřídelů, ale o mikroskopické korozní poškození např. ložisek, které spolu s pittingovým opotřebením má za následek kovkovou destrukci součásti [2].

Protikorozní ochrana se dělí na dva druhy. Jedná se o ochranu organickou a anorganickou. Účelem obou systémů je vytvořit vrstvu, která chrání základní kovovou součást [3]. Každá z těchto alternativ má své výhody i záporu.

Jak již bylo zmíněno, v prostředí pivovarského provozu má elektrochemická koroze ideální podmínky pro svůj vznik i celkový průběh [4, 5]. Jelikož přibližně 10 % z celkové ceny stroje představují náklady na antikorozní ochranu, je zapotřebí, aby byl zvolen správný systém do daného prostředí [6]. Technologický proces od výroby sladiny až po zráni piva v tancích se děje v prostředí, kde vzdušná vlhkost mnohdy převyšuje 50 %. Odolnost antikorozních systémů vůči vzdušné vlhkosti je jedním z hlavních ukazatelů kvality [4]. Problém nastává ovšem v okamžiku, kdy dojde k porušení celistvosti antikorozního systému. Může se jednat o drobné mikrotrhliny či poranění,

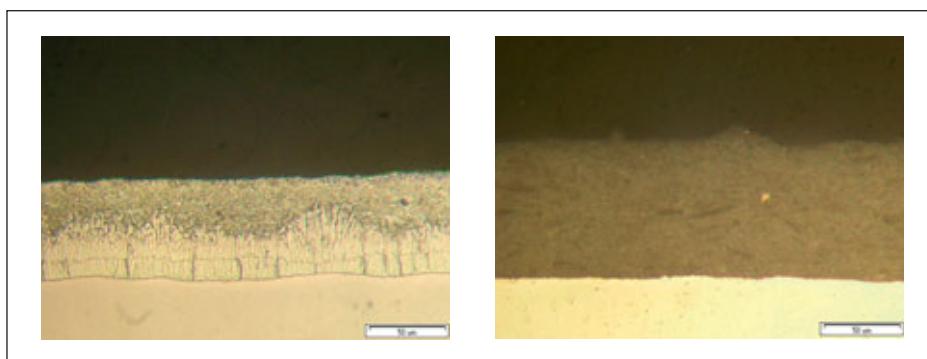
1 INTRODUCTION

From the corrosion point of view, production conditions in fermentation industry can be considered aggressive ones. A key role is played by a high humidity and temperature. Both of these factors trigger an electrochemical corrosion process [1]. Material losses from basic machine works might lead to a shutdown of the whole production line. However, it is not dealt with a massive material decrease in the form of thorough-corrosion of e.g. a drive or a driven shaft, but with a microscopic corrosion destruction of e.g. bearings which accompanied with a pitting destruction results in a total destruction of the whole works [2].

There are two types of corrosion protection: inorganic and organic coating which protects basic metal works [3]. Each of these two alternatives has advantages and disadvantages.

As was already mentioned, in the production conditions of brewing industry the electrochemical corrosion finds ideal conditions for its origin and progress [4, 5]. As the costs of corrosion protection forms about 10 % of the total machine price, it is necessary to select an optimal corrosion protection appropriate to the environment [6]. Technological process from beer wort production to beer maturation is being held in an environment with high air humidity exceeding 50 %. Resistance of corrosion systems to air humidity is one of the main quality indicators of corrosion protection [4]. A problem appears when the coating system has been fractured. It can only be a tiny microcrack

Obr. 1 Metalografický výbrus: zinková vrstva (vlevo), syntetická barva (vpravo), zvětšeno 400x
Fig. 1 Metallographic scratch pattern: zinc coat (left), synthetic paint (right), magnified 400x



které má ovšem za následek vznik lokální bodové koroze. Klasickým příkladem jsou kontejnery či přepravky na střepy nebo všude používaná roštová schodiště.

Cílem příspěvku je porovnat antikorozní schopnost organického a anorganického systému a doporučit tu s lepšími vlastnostmi pro prostředí pivovarského (kvasného) průmyslu. Oba tyto systémy byly mechanicky poškozeny mikrotrhlinami z důvodu zvýšení korozního tlaku. Anorganický systém je reprezentován povlakem vytvořeným žárovým zinkováním a organická ochrana bude zastoupena klasickým jednovrstvým syntetickým nátěrovým systémem.

2 MATERIÁL A METODY

Použitý podkladový materiál pro oba antikorozní systémy je ocelový plech třídy 11 323. Jedná se o běžnou konstrukční ocel, která zaručuje dobrou svařitelnost i dostatečné mechanické vlastnosti. Jeho využití nalezneme v širokém průmyslovém spektru [4]. Z této oceli byly připraveny vzorky o rozměrech 160 × 75 × 1 mm.

Aplikace antikorozní ochrany:

1. žárové zinkování: mechanické očištění, moření, oplach, aplikace tavidla, samotné zinkování v zinkové lázni 450 °C, doba cca 1 min.,
2. aplikace nátěrového systému: mechanické očištění, odmaštění, aplikace nátěru – jedná se o jednovrstvý syntetický nátěrový systém.

U obou aplikovaných antikorozních ochran byla provedena metalografická analýza. Na vzorcích byla změřena tloušťka pasivační vrstvy. Dále byla hodnocena kvalita nanesené vrstvy (výskyt trhlin a pórů).

U připravených sad vzorků byla provedena ohybová zkouška dle normy ČSN EN ISO 8401 [11]. Tato zkouška testuje odolnost jednotlivých systémů na ohyb a mechanické poškození. Pro test byl zvolen trn o průměru 10 mm. Jedná se o razantní ohyb, který zaručuje vytvoření mikrotrhlin v celém průřezu ochranného povlaku. Důvodem pro vytvoření mikrotrhlin je vystavit materiál vyššímu koroznímu tlaku tak, jak je tomu v běžném provozu.

Testy korozní odolnosti jednotlivých vzorků byly prováděny dle zrychlených korozních zkoušek v kondenzační komoře dle ČSN 038131 [12]. U jednotlivých vzorků byl pozorován výskyt prvních 10 ohnisek bodové koroze i celkový postup degradace.

3 VÝSLEDKY

3.1 Metalografická analýza

Cílem metalografického pozorování bylo měření tloušťky nanesené pasivační vrstvy i celkové hodnocení kvality (viz obr. 1). Z každé sady vzorků byly vybrány tři, na kterých bylo provedeno 10 měření. Naměřené hodnoty pasivačních povlaků byly zprůměrovány a vynezeny do grafu (viz obr. 2).

Prioritou antikorozní ochrany je přilnutí ochranné vrstvy k základnímu materiálu. Jak je patrné z obr. 1, oba systémy mají dobrou přilnavost bez známek pórů a ředin. Měření tloušťky vrstvy bylo provedeno na metalografickém mikroskopu Neophot 2. Na obr. 2 je patrná vyšší vrstva u syntetické barvy.

Slabinou zinkových povlaků je různorodost chemického složení. Jedná se o tzv. intermetalické fáze, které vznikají v průběhu zinkování [7, 8]. Naopak syntetický nátěrový systém je v celém svém průřezu homogenní.

or injury, which can, however, result to a local point of corrosion origin. Splinter containers or crates and widely used steel grid stairs could be mentioned as examples.

The aim of this article was to compare corrosion resistance of organic and inorganic corrosion system and based on results recommend the one with better performance for the brewery (fermentation) industry environment. In order to increase the corrosion power, both of the systems was mechanically broken by microcracks. The inorganic corrosion system was represented by zinc dipping and the organic protection is being represented by a classical single-layer synthetic paint system.

2 MATERIAL AND METHODS

In order to test and compare two different anticorrosion systems, sheets made of the same steel 11 323 were used. It is a common construction steel which guarantees a good weldability and sufficient mechanical performance and is being used in a many industrial sectors [4], fermentation industry not being an exception. Sample sheets sized 160 × 75 × 1 mm were cut.

Application of corrosion protection:

1. zinc dipping: mechanical cleaning, steeping, rinsing, flux application, zinc dipping in zinc bath at 450 °C for 1 min.,
2. application of paint system: mechanical cleaning, grease removing, paint application – synthetic single-layer paint system.

Metallographic analysis of both corrosion protection systems was made. Not only the thickness of the immunizing layer was measured, but also the quality of the struck layers was evaluated (occurrence of cracks and voids).

Further, bending test according to the norm ČSN EN ISO 8401 was made. This experiment tests resistance of the individual systems to bending and other mechanical destructions. A mandrel of 10 mm in diameter was used for this experiment. Such a bend is a very invasive one and guarantees creation of microcracks along the whole cut of the protection layer. The reason for microcrack creation was to expose the material to a higher corrosion propensity simulating production environment.

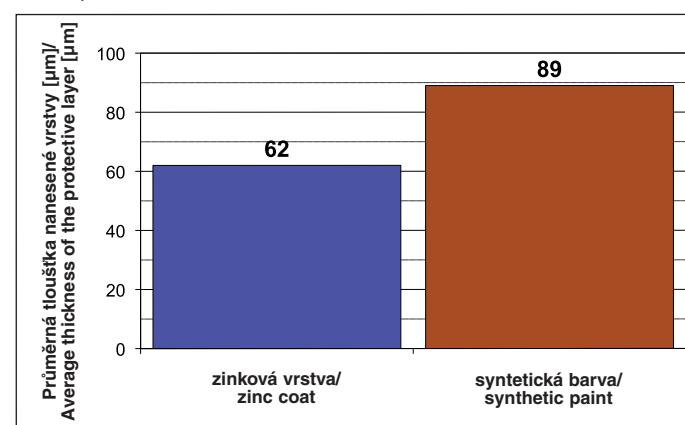
Tests of corrosion resistance of the individual samples were made according to the rapid test in a condensation cabinet according to the norm ČSN 038131. The occurrence of first ten corrosion foci was observed, as well as the overall degradation process.

3 RESULTS

3.1 Metalografický analýza

The purpose of the metallographic observation was measurement of thickness of the struck immunizing layer and an overall quality evaluation (see Fig. 1). From each sample set there were chosen 3 samples, on which 10 measurements were made. An average value

Obr. 2 Průměrná tloušťka ochranné vrstvy / Fig. 2 Average thickness of the protective layer



3.2 Ohybová zkouška

Houževnatost a tažnost jednotlivých antikorozních povlaků je jedním z hodnotících kritérií daného systému. Pro experiment byla zvolena tato zkouška z důvodu vnitřního poškození ochranného povlaku. Mikrotrhliny byly zaznamenány u obou povlaků při použití trnu o průměru 10 mm (viz obr. 3).

Zinkové povlaky mají obecně nízkou houževnatost. Jak je patrné z obr. 3, trhliny jsou v celém průřezu ochranné vrstvy. Tyto mikrotrhliny mají šířku cca 5–10 µm. Syntetický nátěr vykazuje mnohem lepší mechanické vlastnosti. I zde se ovšem objevují trhliny, a za působení vzdušné vlhkosti se systém stává nestabilním.

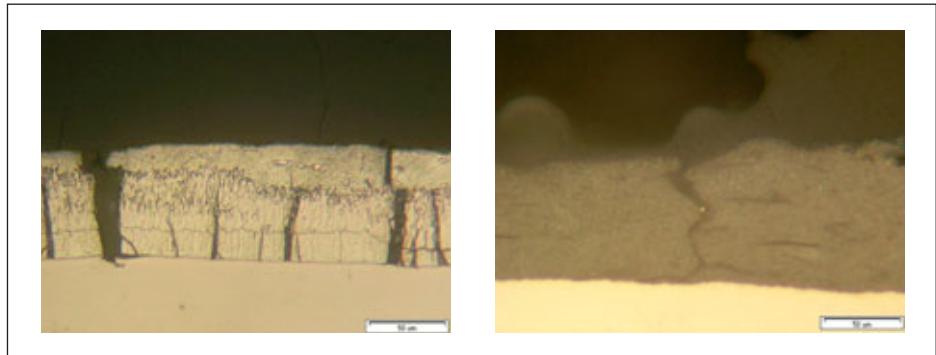
3.3 Korozní zkouška v kondenzační komoře

Pro test korozní odolnosti aplikovaných systémů byla zvolena zkouška v kondenzační komoře dle normy ČSN 038131. Jedná se o základní korozní zkoušku. Relativní vlhkost v komoře je stanovena na 100 % a teplota se pohybuje 32 ± 3 °C. Pro hodnocení korozní odolnosti je vymezen parametr vzniku bodové koroze. Graf (viz obr. 4) zaznamenává průběh vzniku prvních 10 lokálních ohnisek bodové koroze.

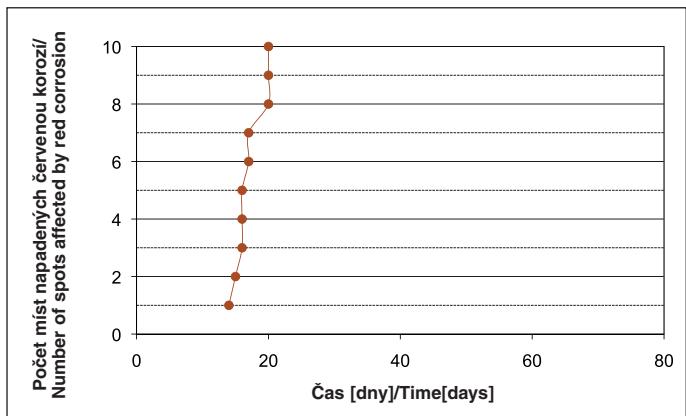
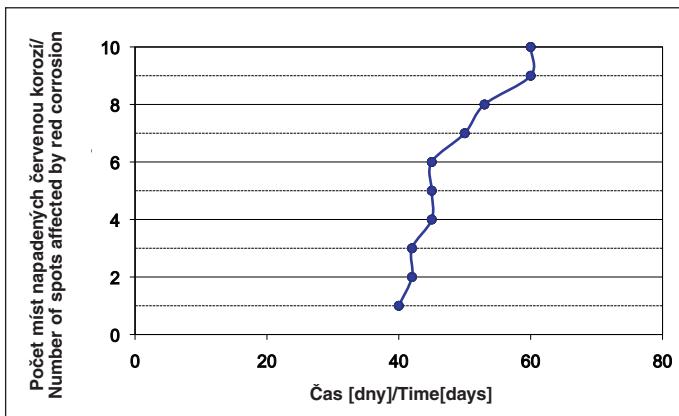
Počáteční degradaci základního materiálu signalizuje vznik červené koroze. Hydroxid železitý je konečným produktem v procesu elektrochemické koroze.

Postup prorůstání korozních produktů je patrný z metalografického výbrusu na obr. 5. V levé části (zinkový povlak) lze pozorovat utěsnění trhliny uhličitanem zinečnatým, který tvoří další antikorozní bariéru proti vnikání vzdušné vlhkosti směrem k ocelovému podkladu.

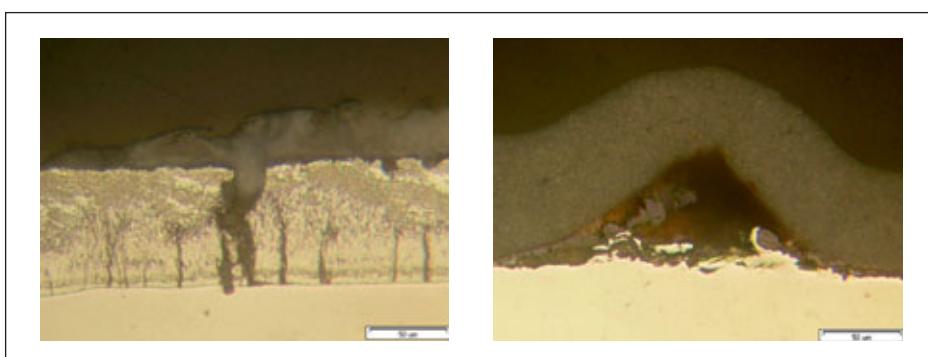
Obr. 3 Mikrotrhliny v ochranné vrstvě: zinková vrstva (vlevo), syntetická barva (vpravo), zvětšeno 400x / Fig. 3 Microcracks in the protective coating: zinc coat (left), synthetic paint (right), magnified 400x



Obr. 4 Počet míst napadených červenou korozi: zinková vrstva (vlevo), syntetická barva (vpravo) / Fig. 4 Number of spots affected with red corrosion: zinc coat (left), synthetic paint (right)



Obr. 5 Postup koroze v oblasti trhliny: zinková vrstva (vlevo), syntetická barva (vpravo), zvětšeno 400x / Fig. 5 Corrosion process in the crack: zinc coat (left), synthetic paint (right), magnified 400x



was counted from the measured values of immunizing coats; subsequently, these values were put into a bar chart (see Fig. 2).

The most important characteristics of the corrosion protection is good adhesion of the protective layer to the basic material. In the Fig. 1 it is well visible that both of the systems have a good adhesion without any signs of voids and poorly stocked areas. Measurement of the layer thickness was made at the metallographic microscope Neophot 2. A thicker layer of the synthetic paint is noticeable in Fig. 2.

Zinc coat has a weakness in disunited chemical composition. There are so called intermetallic phases which originate during the zinc dipping process [7, 8]. In contrast, synthetic paint system is homogenous in its whole crosscut.

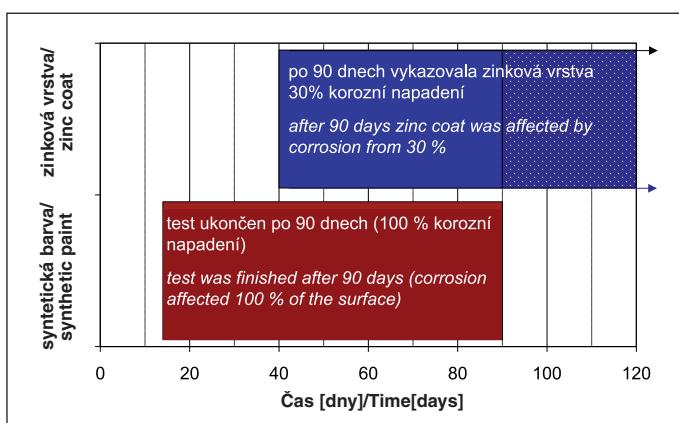
3.2 Bending Test

Ductility and stretchiness of the individual anticorrosion coatings

is one of the evaluation criteria of the corrosion protection system. This experiment was done because of an inside damage of the protection coating. Using the mandrel of 10 mm in diameter, microcracks were observed in both coating systems (see Fig. 3).

In general, zinc coats have a low ductility. Cracks can be observed in the whole crosscut of the protective layer as is apparent from the Fig. 3 (left). The before mentioned cracks are about 5–10 µm wide. Synthetic paint has much better mechanical performances. However, cracks also occur in this protective system, and due to the air humidity the whole system becomes unstable.

Obr. 6 Počátek a konec korozní degradace antikorozních ochran / Fig. 6 Origin and end of corrosion degradation of corrosive protections



Naopak v pravé části (syntetika) vlivem mikrotrhlín a vzdušné vlhkosti dochází k rapidnímu snížení adhezních i kohezních sil mezi základním materiálem a barvou. Tento proces se projevuje vznikem tzv. puchýřů, pod kterými již samovolně probíhá elektrochemická koroze.

Rozdílnost počátku i konce korozní degradace jednotlivých antikorozních ochran znázorňuje obr. 6. U zinkového povlaku nebyla stanovena doba celkové degradace vzorků, jelikož test byl po 90 dnech ukončen. Po této době můžeme konstatovat 30 % napadení červenou korozí.

Podkorodování organické nátěrové hmoty je patrné na obr. 7 – vpravo. Jedná se o množství puchýřů, které po další explaataci vzorku v agresivním prostředí přejdou v plošnou korozi. Na obr. 7 – vlevo je možno pozorovat také bodovou korozi v zinkovém povlaku, jedná se pouze o lokální bod a nikoli o celkové podkorodování daného systému. Pro lepší identifikaci muselo být použito zvětšení 35x a nikoli pouze 15x, jak je tomu u syntetického povlaku.

4 DISKUSE

V současné době se v potravinářském průmyslu používají především korozivzdorné oceli třídy 17. Tento materiál je pro svoji finanční náročnost většinou použit pouze v místech s přímým stykem s potravinou. Jedná se především o potrubí, příruby, chladící zařízení, ale také o tanky na skladování kvasnic, nerezové spilky nebo nerezový KEG. Jelikož se jedná o austenitickou ocel, vzdušná vlhkost není hlavním spouštěcím mechanismem koroze, jako je tomu u běžných ocelí ferritických, které je třeba důsledně před vlhkostí chránit [9].

Testované antikorozní systémy jednoznačně prokázaly vhodnost zinkových povlaků v prostředích se zvýšeným korozním tlakem. Jedná se o anodickou ochranu, kdy méně ušlechtilý zinek tvoří anodu a probíhá na něm oxidace. Výhodou je schopnost pasivace základního materiálu, i při porušení zinkového povlaku, neboť korozí je napadán vždy méně ušlechtilý kov

[10]. Při korozních zkouškách se u zinkového povlaku projevila viditelná červená koroze po 40 dnech exploatace. Je ovšem třeba konstatovat, že se jedná pouze o lokální bodovou korozi, kdy ostatní povrch je neustále pasivován. Korozní produkty zinku v podobě uhličitanu zinečnatého neustále utěsňují mikrotrhliny, a tím opět pasivují základní materiál.

Organické systémy antikorozní ochrany v podobě syntetických nátěrových hmot mají přednosti především v jednodušší aplikaci na základní materiál. Jestliže dojde ovšem k jejich mechanickému poškození, které nemusí být příliš razantní, nastává uzavřený koloběh výměny elektronů v podobě elektrochemické koroze. U testovaných

3.3 Corrosion test in condensation cabinet

In order to test corrosion persistence, there was processed an experiment in a condensation cabinet according the norm ČSN 038131. It is a basic corrosion test. Relative humidity in the cabinet is 100 % and the temperature oscillates around 32 ± 3 °C. Parameter of origin of point corrosion is used for evaluation of corrosive tolerance. A line graph (see Fig. 4) records the process of origin of first ten foci of point corrosion. Originating degradation of the basic material is signalized by red corrosion. Ferric hydroxide is a final product in the process of electrochemical corrosion.

The process of growing of corrosion products is apparent from a metallographic scratch pattern in the Fig. 5. In the left hand side figure (zinc coat), there can be observed sealing of the crack by zinc carbonate, which forms a further anticorrosion barrier against air humidity coming to the steel basis.

On the other hand, in the right hand side picture, due to the microcracks and air humidity the adhesive and cohesion forces between the basis material and the synthetic paint layer are lowered. Such a process results in a creation of so called blisters, under which electrochemical corrosion are in an uncontrolled process.

The difference in the origin and end of corrosion degradation process of the individual corrosion protections is depicted in the Fig. 6. There has not been investigated the termination of the total sample degradation of the zinc coat as it was stopped after 90 days. After 90 days of corrosion test, there can be claimed that the zinc coated sample was attacked by the red corrosion from 30 %.

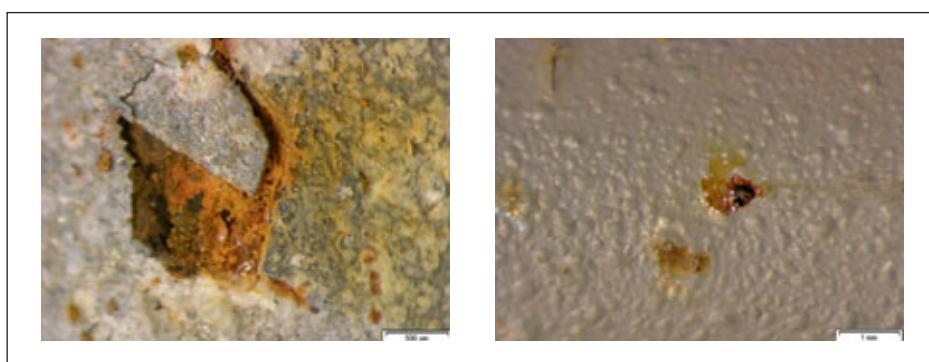
Thorough corrosion of an organic coating is apparent in the Fig. 7 – right. There are a lot of blisters, which grow in a surface corrosion after a further exploitation of sample in an aggressive environment. In the Fig. 7 – left, there is also a pitting of zinc coat observable, however, it is only a local point and not a total undercorrosion of the whole coat. For a better identification of the corrosion point there had to be used a 35 times magnification instead of a 15 times magnification used for the synthetic paint.

4 DISCUSSION

Stainless steels of the class 17 are used in the food-processing industry nowadays. Due to its high capital intensity, such steels are used only in the places with a direct contact with foodstuff. There are above all pipe-lines, flanges, cooling devices but also tanks for brewer's yeast storage, stainless fermenting cellars or stainless kegs. Stainless steel is austenitic steel, where air humidity does not trigger corrosion process, as it does in common ferritic steels, which have to be very well protected from the air humidity [9].

The experiment has proved that zinc coatings are optimal anti-corrosion protection means in environments with high corrosion propensities. Zinc coating is an anodizing protection-less noble zinc forms an anode and oxidation process runs in it. The advantage is passivation of the base material – even if the zinc coat is defected, corrosion attacks the less noble metal [10]. After corrosion tests of zinc coat, a visible red corrosion has appeared after 40 days of exploitation. Nevertheless, it was just local point corrosion, where the remaining surface was further passivated. Corrosion zinc products in the form of zinc carbonate tighten the microcracks and further passivate the base material.

Obr. 7 Bodová koroze v průběhu korozní zkoušky: zinková vrstva (vlevo), zvětšeno 35x, syntetická barva, zvětšeno 15x / Fig. 7 Point corrosion during the corrosion test: zinc coat (left, magnified 35x), synthetic paint (right, magnified 15x)



vzorků se syntetickou nátěrovou hmotou se první bodová koroze projevila již ve 14. dnu exploatace. Mezi základním a ochranným povlakem vzniká meziprostor a za působení vnějších korozních činitelů dochází k nevratné degradaci ocelového podkladu. Vznik tzv. puchýřů je jednoznačným signálem o porušení vrchní vrstvy a pronikání vlhkosti k základnímu materiálu.

5 ZÁVĚR

V technické praxi je většina strojního zařízení vyrobena z ocelových součástí. Tyto je třeba chránit před vnějšími degradacemi vlivy. Pivovarské provozy jsou klasickým příkladem prostředí se zvýšeným korozním tlakem. Jedná se o sklepny prostory, spilky, chladící či sušící zařízení, ale také sklady, kontejnery nebo dopravníky. Zde všude se vyskytují běžné ferritické oceli, které musí být antikorozně chráněny.

Testy jednoznačně prokázaly lepší korozní odolnost povlaku vyrobeného žárovým zinkováním před jednovrstvým nátěrovým systémem. Hlavní výhodou je tzv. „samohořivý efekt“, kdy i při porušení celistvosti povlaku je daný systém schopen chránit podkladový materiál. Do prostředí se zvýšeným korozním tlakem, kde spouštěcím prvkem koroze je pouze vlhkost, lze jednoznačně doporučit tuto antikorozní ochranu. Pakliže to provozní nebo konstrukční podmínky nedovolují, je zapotřebí aplikovat kombinaci organických ochran. Při vhodně zvoleném systému je možno razantně prodloužit životnost daných součástí.

Literatura / References

- Bartoníček, R. a kol.: Koroze a protikorozní ochrana kovů. Vyd. 1. Academia, Praha, 1966, 720 s.
- Dillinger, J. a kol.: Moderní strojírenství pro školu i praxi. Vyd. 1. Praha: Europa – Sobotáles cz, 2007. 612 s. ISBN 978-80-86706-19-1.
- Černý, M. a kol.: Korozní vlastnosti kovových konstrukčních materiálů. SNTL, Praha, 1984. 264 s.
- Zvoníček, J. a kol.: Potravinářské stroje a zařízení – konstrukce. Vyd. 1. SNTL, Praha, 1972. 366 s.
- Chládek, L.: Pivovarnictví. Vyd. 1. Grada Publishing, Paha, 2007. 207 s. ISBN 978-80-247-1616-9.
- Porter, F. C.: Zinc handbook. Marcel Dekker, New York, 1991.
- Marder, A. R.: The metallurgy of zinc-coated steel. Progressing Materials Science. **45**, 2000, 191–271.
- Horák, K. a kol.: Tepelná a mechanická odolnost zinkového povlaku. Acta Universitatis agriculturae et silviculturae Mendelianae Brunensis : Acta of Mendel University of agriculture and forestry Brno **58**, 2010(4), 49–56.
- Číhal, V.: Korozivzdorné oceli a slitiny. Vyd. 1. Academia, Praha, 1999, 440 s.
- Ščerbejová, M.: Strojírenská technologie. Vyd. 1. Brno: Mendelova universita v Brně, 1993. 132 s. ISBN 80-7157-083-4.
- ČSN EN ISO 8401 Zkouška ohybem na válcovém trnu 1994.
- ČSN 038131 Korozní zkouška v kondenzační komoře 1973.

*Recenzovaný článek / Reviewed paper
Do redakce došlo / Manuscript received: 14. 7. 2011
Přijato k publikování / Accepted for publication: 17. 10. 2011*

AKČNÍ NABÍDKA – VÝHODNÁ CENA STANOVENÍ DIACETYLU

Analytické laboratoře VÚPS, a. s. nabízejí do konce března 2012 zvýhodněně ceny stanovení diacetylu.

Cena jednoho rozboru je přechodně snížena z původních 2 309 Kč na **608 Kč** (ceny jsou uvedeny bez DPH)

Součástí této metody je stanovení 2,3-pentadionu, které je zahrnuto v ceně rozboru.

Při objednávce více jak 5 rozborů diacetylu je každý pátý rozbor zdarma!
Slevu lze uplatnit při hromadné objednávce za jeden měsíc.

Objednávky lze zasílat poštou, faxem na č. 224 900 155, tel. 224 922 111 nebo e-mailem:
luznicka@beerresearch.cz