

KOROZNÍ POŠKOZENÍ NÝTOVÝCH SPOJŮ

M. Černý, J. Filípek

Došlo: 4. března 2008

Abstract

ČERNÝ, M., FILÍPEK, J.: *Corrosion damage of rivet joints*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2008, LVI, No. 4, pp. 37–46

The work describes the effect of the atmospheric corrosion upon the mechanical properties of blind rivets. The subject of given research is: corrosion of metal materials, system resistance, design modification and others means of prevention against the corrosion attack. The problem of blind rivets, blind rivet setting, setting equipment, terminology and definitions, characteristic, and special blind rivet setting is also analysed. The experiment itself, the experimental method and the evaluation of the test are described. Mechanism of riveted joint damage produced by galvanic corrosion is proposed. Considerable corrosion damage occurred at combination of the joint members and connected materials with different electrochemical potentials. Exposition to the corroding environment produces release of rivet clam, together with decrease of rivet stiffness. The proof of these mechanisms is documented by functional dependence $F - \Delta L$ and metallographic tests.

corrosion, mechanical properties, blind rivet

Kovy jsou nejpoužívanějším konstrukčním materiálem. Jejich velkou nevýhodou je však tendence příliš rychle korodovat v mnoha prostředích. Koroze je definována jako znehodnocení materiálu způsobené chemickým nebo fyzikálně chemickým působením prostředí (Skálová, 2001). Všechny kovy, s výjimkou vzácných kovů, korodují a během času se znehodnocují. Kovy představují vyšší energetický stav než ruda, protože na výrobu kovů z rudy je třeba vynaložit určitou energii. Při korozi se kov pokouší tuto energii uvolnit a vrátit se do svého přirozeného a stabilního výchozího stavu. Z tohoto důvodu se korozní produkty svým složením často podobají sloučeninám, ze kterých byl kov vyroben. Vyšší energetický stav kovů ale sám o sobě nedostačuje pro vznik korozního napadení. Ke korozi oceli v běžném prostředí dochází současným spolupůsobením kyslíku a vody. Kyslík i voda se na většině území vyskytuje v dostatečném množství po většinu roku, což umožňuje i průběh korozního procesu. Koroze kovů je tak stále závažnějším problémem jak z hlediska technického, tak i ekonomického.

Korozi se také rozumí rozrušování organických materiálů, především plastů a pryží, vlivem působení kyselin, zásad, rozpouštědel, paliv apod. Pokud je pro tyto materiály znehodnocujícím prostředím atmosféra, označuje se proces jako stárnutí.

Při posuzování korozního problému se za korozní prostředí považuje:

- *nevodivé prostředí* – nejčastěji prostředí plynů za zvýšených teplot a organických kapalin bez jakékoliv vodné fáze na povrchu kovu
- *vodivé prostředí* – nejčastěji ve třech nejrozšířenějších formách (atmosféra, půda a voda, např. mořská).

Mechanismy korozních dějů

Z hlediska mechanismu korozních dějů se rozlišuje:

- **Chemická koroze** – probíhá zpravidla v plynných prostředích za vyšších teplot a v elektricky nevodivých kapalných prostředích (v organických kapalinách). Kovy jsou rozrušovány chemickými vlivy. Korozi probíhající při styku kovu s plynným prostředím rozdělujeme podle charakteru prostředí na:
 - **Koroze v oxidačně působících plynech** (např. O_2 , CO_2 , SO , SO_2), jejíž charakteristickým rysem je tvorba oxidických vrstev na povrchu kovu, na rozhraní mezi kovem a prostředím. Příkladem je vznik okujů při tepelném zpracování.
 - **Koroze v redukčně působících plynech** (např. H_2 , NH_3), jejíž typickým znakem je rozrušování kovu difuzí plynu do kovu a jeho následnými

reakcemi. Poškození způsobuje nejčastěji vodík a může být dočasné (vodíková křehkost) nebo trvalé (vodíková koroze, vodíková nemoc).

- **Elektrochemická koroze** – probíhá v elektricky vodivém prostředí tvořeném elektrolytem a anodickými a katodickými místy, tzv. elektrodami. Každá korozní reakce v sobě zahrnuje dvě dílčí reakce – anodickou a katodickou. Anodická reakce odpovídá oxidaci kovu, a tedy vlastní korozi. Katodická reakce odpovídá současně redukci některé oxidující složky obsažené v roztoku. Obě reakce jsou na sebe vázány a nemohou probíhat samostatně. Vzájemná závislost je dána požadavkem elektroneutality. Jestliže anodická reakce je zdrojem elektronů, pak katodická reakce musí stejné množství elektronů spotřebovávat. Uvolňování iontů probíhá až do ustavení rovnováhy. Napětí, které vzniká mezi kovem a roztokem, nazýváme *elektroodvový potenciál*. Hodnota elektroodvového potenciálu závisí především na kovu elektrody, ale i na koncentraci elektrolytu. Seřadíme-li kovy podle jejich elektroodvového potenciálu, dostaneme *elektrolytickou řadu napětí*. Podle umístění kovů v této řadě rozdělujeme kovy na *ušlechtilé* (s větším potenciálem, než má vodíková elektroda, označené znaménkem +) a na *neušlechtilé* (s menším potenciálem než vodík, označené znaménkem –). Spojíme-li dvě elektrody různých kovů, vzniká *korozní článok*. Elektroda se zápornějším potenciálem se stává anodou a probíhají na ní oxidační děje (koroze), elektroda s kladnějším potenciálem se stává katodou.
- **Biologická koroze** – probíhá za přítomnosti bakterií, plísní a hub, které způsobují chemické a elektrochemické změny na povrchu kovu. Koroze kovů může být způsobena mikrobiologickou činností přímo nebo nepřímo jako důsledek metabolické činnosti mikroorganismů.

Konstrukční úpravy výrobků

Správné navržení konstrukce výrobku je základem všech opatření k zajištění jeho odolnosti proti korozi (klimatickým vlivům). Označení druhu klimatického provedení konstrukce vyjadřuje schopnost výrobku plnit funkce v daných klimatických podmínkách. Z tohoto pohledu musí konstrukční řešení výrobku splňovat tyto požadavky:

- Pro výrobek se volí materiály dostatečně odolné proti vnějším vlivům v těch případech, kdy se nepředpokládá využití jiného způsobu protikorozní ochrany.
- Při použití povrchové úpravy k ochraně nedostatečně odolných součástí se volí takový druh a jakost úpravy, aby byly splněny funkční požadavky na chráněné části po celou dobu stanovené životnosti ochrany za podmínek předpokládaného klimatického a provozního namáhání.
- Tvarové řešení jednotlivých částí výrobku a sled operací v jeho kompletaci musí umožňovat provedení navržené povrchové úpravy v požadované

kvalitě a pokud možno běžnými technologickými postupy.

- Při použití jiného systému ochrany musí konstrukční řešení dovolovat provedení potřebných úprav a umožnit jejich správnou funkci.
- Předpokládá-li se v době technického života výrobku oprava nebo obnova systému ochrany určitých jeho částí, popř. jejich výměna, musí konstrukční řešení zajistit jejich přístupnost a snadnou demontáž.
- Konstrukční řešení nesmí zhoršovat mikroklima výrobku z hlediska možného urychlení znehodnocování materiálu nebo ohrožení funkce či udržování provozních parametrů výrobku.

Pro splnění dalších požadavků na konstrukční řešení výrobků při zajišťování jejich korozní a klimatické odolnosti musí být postupováno podle tzv. realizačních zásad:

- Pro části výrobku volit pokud možno jednoduché tvary s málo členitým povrchem. Pokud se při kompletaci výrobku stanou některé části obtížně přístupné, musí být povrchová úprava dílčích částí provedena ještě před montáží nebo musí být předepsána jiná ochranná opatření (např. vysoušení).
- Konstrukčním řešením výrobku omezit přímý účinek vnějších agresivních vlivů na jeho citlivé nebo funkčně významné části.
- Konstrukce výrobku nesmí vytvářet podmínky pro zvyšování agresivity jeho vnitřního mikroklimatu, např. hromaděním zkondenzované vody s těkavými složkami z použitých organických materiálů apod.
- Povrch výrobku a jeho části by měly být hladké bez ostrých hran. Nepřípustné jsou ořepy, nezačištěné svary, zbytky tavidel a jiné nečistoty na povrchu.
- Zvýšenou pozornost je nutné věnovat způsobu spojování jednotlivých částí výrobku a možnému vzájemnému ovlivňování použitých materiálů. Zejména je třeba vyřešit:
 - způsob spojování souvislým svarem
 - zajištění protikorozní ochrany šroubového spojovacího materiálu, zejména pro případy předpokládané časté demontáže
 - **zamezení vzniku nebezpečných korozních makročlánků při spojování různých kovových materiálů**
 - zamezení zhoršení korozních podmínek pro kovy použitými organickými materiály.

Snížení pravděpodobnosti korozního znehodnocování lze také dosáhnout úpravou prostředí:

- odstraněním rozhodující agresivní složky z prostředí
- zamezením kondenzace
- přidáním ochranné (inhibiční) látky do korozního prostředí
- úpravou vzduchu v uzavřených prostorech výrobků nebo v obalech.

Nýtové spoje

Nýtování patřilo a dodnes patří k základním principům při spojování materiálu. Klasické nýtování, tzn. nýt se skládal z jedné části a závěrná hlava se vytvářela roznýtováním dřívku nýtu kladivem nebo nýtovacím lisem, bylo prakticky vytlačeno spoji svařovými, lepenými a především spoji prováděnými trhačími nýty.

Nýtování patří mezi technologii spojování součástí, u něhož je možná demontáž pouze s porušením základních součástí nebo spojovacího materiálu.

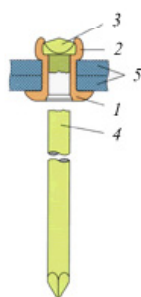
Spoj vzniká:

- deformací konce jedné ze spojovaných součástí vložené do díry ve druhé součásti (*přímé nýtování*)
- deformací konců nýtů vložených do průchozích děr ve spojovacích součástech (*nepřímé nýtování*).

Nýtové spoje se dnes uplatňují především při spojování těžko svařitelných materiálů, u plechů a profilů z lehkých kovů a slitin. Ve značném rozsahu se používají nýty v leteckém průmyslu, nýty z vodivých materiálů pak také v elektrotechnice, v automobilovém průmyslu, stavebnictví, při výrobě technických zařízení budov, ale i například při výrobě skleníků či komínových komponentů.

Zhotovení nýtového spoje se skládá z několika základních operací v tomto sledu (Obr. 1):

1. Zhotovení otvoru pro nýt, úprava otvoru, popř. jeho zahloubení pro zapuštěnou hlavu nýtu.
2. Do díry se vloží nýt, podepře se opěrná hlava nýtu a sevrou se (utáhnou) spojované části.
3. Spoj je proveden plasticou deformací dřívku a vytvořením závěrné hlavy (v letecké výrobě je nezbytné, aby deformovaný dřív vyplnil těsně díru ve spojovaných součástech).



1 – hlava nýtu, 2 – dřív, 3 – hlava trnu, 4 – trn, 5 – spojovaný materiál

1: Schéma nýtování

U mechanizovaného a automatizovaného způsobu výroby se k těmto operacím řadí ještě manipulace o jednu rozteč díry.

Nýtové spoje v moderním pojetí představují v některých odvětvích výroby (letectví, elektronika apod.) až 50 % spojovacích součástí u výrobku. Často se u spojů projevuje, mnohdy nevědomá, ale vždy dost nešťastná kombinace materiálů, která vede v konečném důsledku ke znehodnocení spojů v důsledku galvanické koroze. Tato koroze, známá již z období antiky, se přes všechny praktické poznatky objevuje opět ve své zákeřné formě. **U nýtovaných plechů startuje koroze v důsledku rozdílu elektrochemických potenciálů mezi nýtem, plechem a trnem nýtu a vede ke ztrátě funkčnosti nýtu jako spoje sevřením.**

MATERIÁL A METODY

Zkušební vzorky

Pro spojované součásti byly zvoleny materiály, které se často používají pro nýtované konstrukce. Nýty byly zvoleny v materiálovém provedení, které jednak odpovídají druhům materiálů spojovaných součástí, a zároveň lze vhodnou kombinací těchto nýtů a plechů dosáhnout spoje s velkým rozdílem elektrochemických potenciálů, což umožní vznik galvanické koroze.

Spojovaný materiál:

- plech z chromniklové korozivzdorné oceli tloušťky 1,5 mm
- ocelový plech třídy 11 (jmenovitě 11 305.21) tloušťky 1 mm
- měděný plech tloušťky 0,65 mm.

Z každého plechu bylo odebráno 40 kusů pásků (tj. celkem 120 pásků) o rozměru 120 × 20 mm.

Nýty:

- trhačí nýt s vyčnívající hlavou, s přetrhávacím trnem a otevřeným koncem s označením CuNi 3, trn pozinkovaná ocel
- trhačí nýt s vyčnívající hlavou, s přetrhávacím trnem a otevřeným koncem s označením AlMg 3,5, trn pozinkovaná ocel
- trhačí nýt s vyčnívající hlavou, s přetrhávacím trnem a otevřeným koncem s označením Fe 3,5, trn pozinkovaná ocel.

Spoje byly provedeny ručními nýtovacími kleštěmi pro trhačí nýty značky Bralo BM-65 (Obr. 2). Bylo vytvořeno šest skupin zkušebních vzorků po deseti kusech (Tab. I).



2: Zkušební vzorky – nýtová spojení

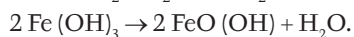
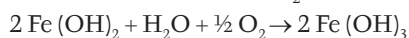
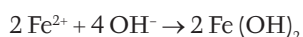
I: Soubor zkušebních vzorků

Poř. č.	Trn	Spojovaný materiál	Nýty	Počet vzorků
1	pozinkovaná ocel	ocelový plech tř. 11	Fe 3,5	10
2			CuNi 3	10
3		nerezová ocel	Fe 3,5	10
4			CuNi 3	10
5		měděný plech	CuNi3	10
6			AlMg 3,5	10

Korozní prostředí

Základní příčinou atmosférické koroze kovů je vrstva elektrolytu, ve které korozní proces probíhá. Složení elektrolytu je závislé na povaze a koncentraci nečistot ve vzduchu.

Anodická reakce při oxidaci Fe:



Ke korozním zkouškám byla použita kondenzační komora, která simuluje a urychluje korozní účinky atmosférické vlhkosti (Obr. 3). Kondenzační komora o rozměrech 350 × 350 × 900 mm je vyrobena z polymethylmetakrylátu. Ve spodní části má zabudováno odporové topné těleso. V souladu s ČSN 03 8131 je naplněna 10 litry destilované vody a je v ní udržována teplota 35 °C a relativní vlhkost 100 %. Připravené zkušební vzorky byly zavěšeny pomocí silonového vlákna na skleněných tyčích tak, aby se vzájemně nedotýkaly a nebyly ponořeny v lázni. Doba trvání zkoušky byla stanovena na 7, 21 a 35 dnů. Při prvních dvou termínech byly odebrány vždy tři vzorky z každé skupiny, při třetím odběru pak zbývající čtyři kusy. Odebrané vzorky byly očištěny ve vodní lázni a důkladně osušeny horkovzduš-

nou pistolí. Korozní napadení zkušebních vzorků po 35 dnech expozice dokumentuje obr. 4. Potom byly vzorky označeny podle pořadí odběru, uloženy do polyetylenových obalů a vakuově uzavřeny.



3: Kondenzační komora

Měření mechanických vlastností

Mechanické vlastnosti zkušebních vzorků byly naměřeny na digitálním zkušebním stroji pro mechanické zkoušky materiálu Zwick. Modulární zkušební systém Zwick obsahuje širokou škálu příslušenství, jako jsou siloměrné hlavy, upínací čelisti, snímače



4: Odebrané zkušební vzorky po 35 dnech expozice v kondenzačních komorách

dráhy, teplotní komory, měřidla rozměrů, čtečky čárových kódů pro popis vzorků apod. Je vybaven tenzometrickými snímači zaznamenávajícími zatížení v rozsahu do 50 kN, vlastním pohonem a digitální řídicí elektronikou je připojen k PC, který obsahuje software pro obsluhu a vyhodnocování zkoušek. Pro potřeby této práce bylo použito měření zatížení v jednoosém tahu v závislosti na absolutním prodloužení ΔL . Při dosažení stanovené hodnoty prodloužení byla zkouška přerušena. Tahová zkouška byla provedena u tří vzorků z každé odběrové skupiny. Průměrné hodnoty byly vyneseny do grafu.

Metalografický rozbor

Při metalografickém rozboru byl problém studován pomocí světelného mikroskopu Neophot a digitálního záznamového zařízení Olympus. Pro detailnější studium korozních vztahů na úrovni materiálového styku by bylo nutno použít většího zvětšení, nejlépe na elektronovém rastrovacím mikroskopu.

VÝSLEDKY

Experimentální práce byly provedeny v rozsahu, který umožňovaly časové a přístrojové podmínky. Byla provedena korozní zkouška v kondenzační komoře, dále měření mechanických vlastností na digitálním zkušebním stroji Zwick a následný metalografický rozbor materiálu.

Snýtované zkušební vzorky umístěné do kondenzační komory byly rozděleny do tří skupin:

- plech z nerezové oceli (nýty Fe, CuNi)
- ocelový plech tř. 11 (nýty Fe, CuNi)
- měděný plech (nýty CuNi, AlMg).

• Nerezový plech

o nerezový plech – nýt Fe

Z výsledného grafu (Obr. 5) je zřetelný pokles tuhosti spoje v závislosti na délce pobytu vzorku v kondenzační komoře. Zvláště výrazné je snížení tuhosti vzorku vystaveného koroznímu působení po dobu 35 dní.

o nerezový plech – nýt CuNi

Použitím nýtu z niklového bronzu (Obr. 6) dochází ke snížení tuhosti nýtového spoje ve srovnání se vzorkem s ocelovým nýtem. Pobyt vzorků v kondenzačních komorách se tuhost měnila nepatrně.

• Ocelový plech tř. 11

o ocelový plech – nýt Fe

Aplikací materiálu nýtu identického jako spojovaný materiál nedošlo k výrazné degradaci mechanismem korozního makročlánku (Obr. 7). Přesto lze pozorovat pokles tuhosti spoje vlivem korozního prostředí (korozní mikročlánky).

o ocelový plech – nýt CuNi

Z obr. 8 je zřejmé, jak použitím materiálu nýtu s velkým potenciálovým rozdílem oproti spojovaným částem v průběhu exploatace dochází k poklesu tuhosti spoje, která viditelně klesá s narůstajícím časem zkoušky.

• Měděný plech

o měděný plech – nýt CuNi

Pevnostní charakteristiky mají téměř stejný průběh pro všechny odběrové dny (Obr. 9).

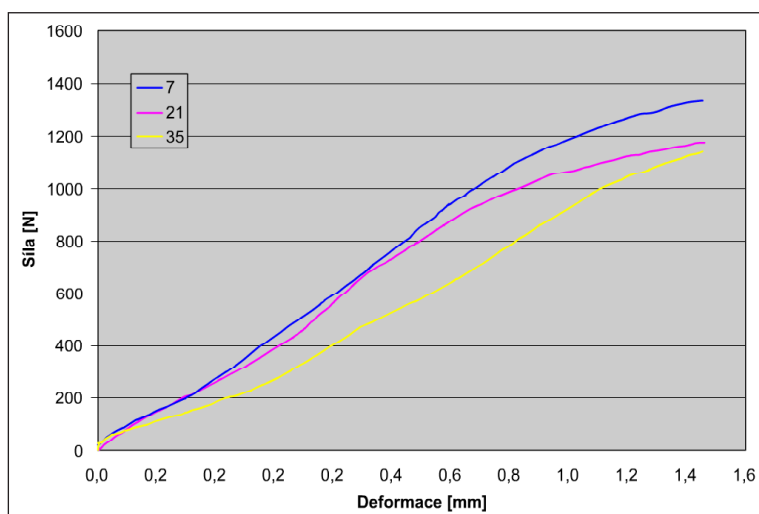
o měděný plech – nýt AlMg

Již v druhém odběrovém termínu (21. den) došlo k výraznému poklesu tuhosti spoje (Obr. 10). Je zřejmé, že důvodem je velký potenciálový rozdíl aplikovaných materiálů.

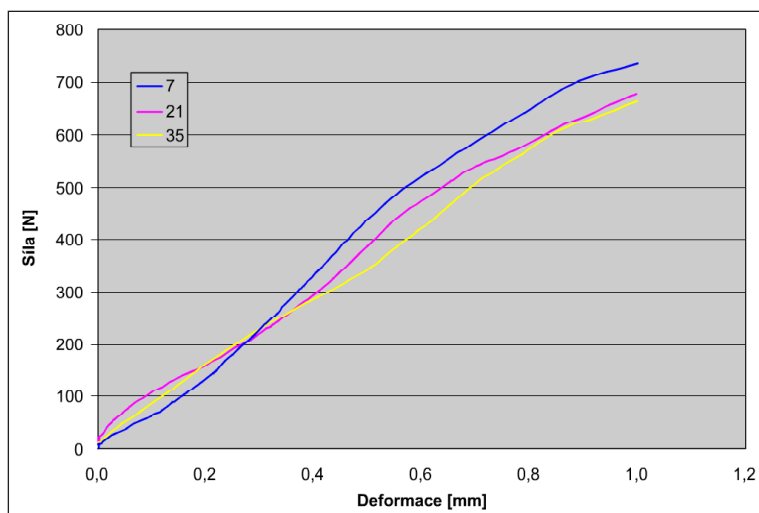
DISKUSE

Metalografická pozorování a výsledky tahových zkoušek vedly k závěrům, které potvrdily předpoklady o vlivu potenciálového rozdílu aplikovaných materiálů nýtových spojů. Galvanická korozí způsobuje uvolnění svěrného působení nýtu. K tomuto uvolnění dochází při korozní exploataci v oblasti závěrné hlavy nýtu, podél dřívku nýtu a uvnitř mezi dřívkem a trnem.

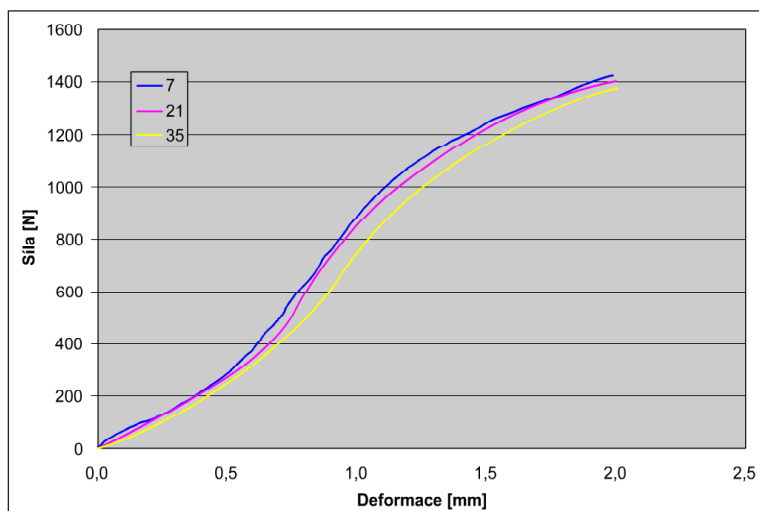
Výrazné poškození galvanickou korozí je u kombinace materiálů ocel – měď (Obr. 11a, b). Zanedbatelné



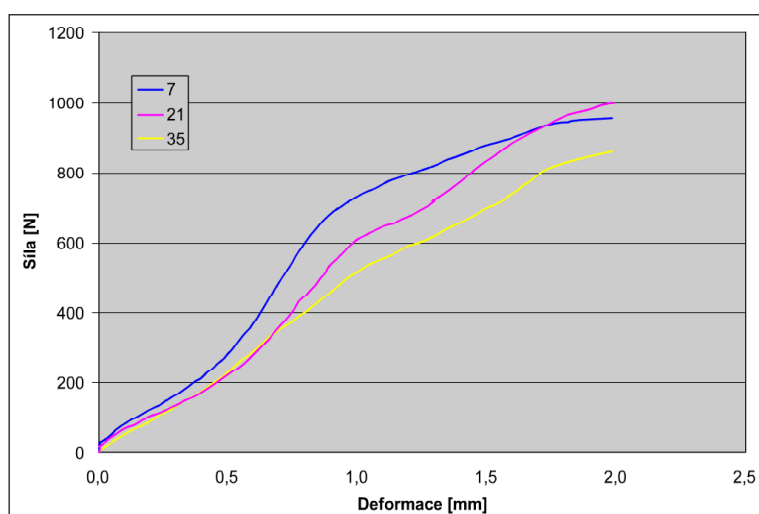
5: Nerezový plech – trhací nýt Fe



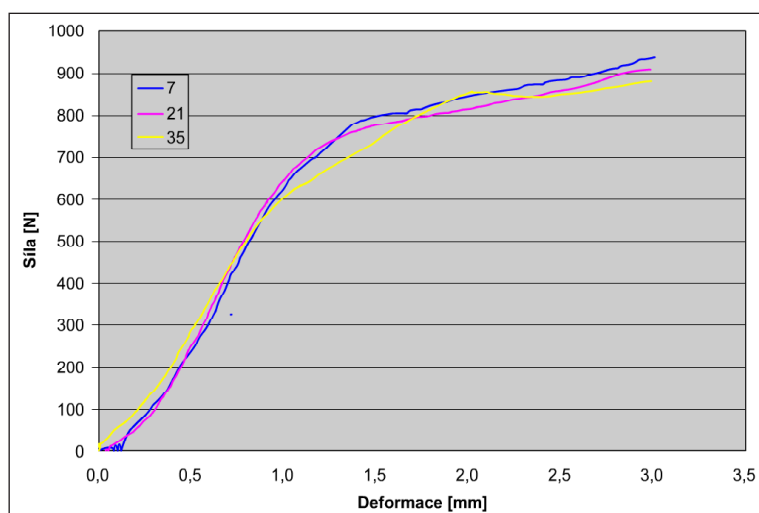
6: Nerezový plech – trhací nýt CuNi



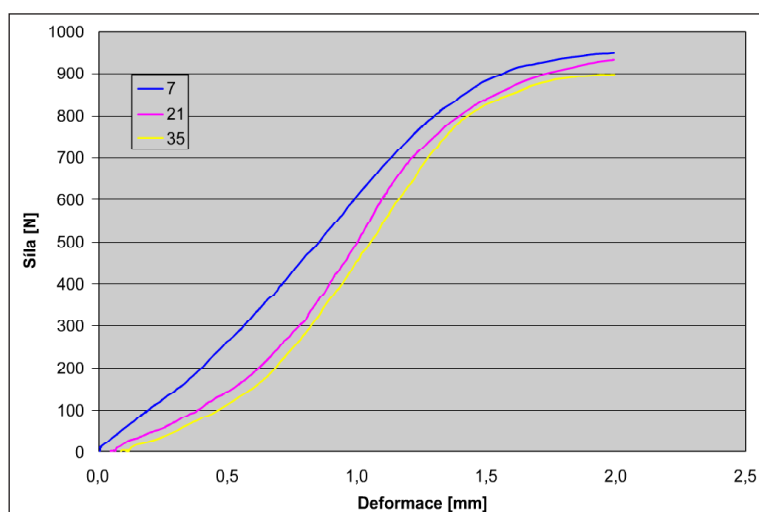
7: Ocelový plech (tř.11) – trhací nýt Fe



8: Ocelový plech (tř. 11) – trhací nýt CuNi



9: Měděný plech – trhací nýt CuNi

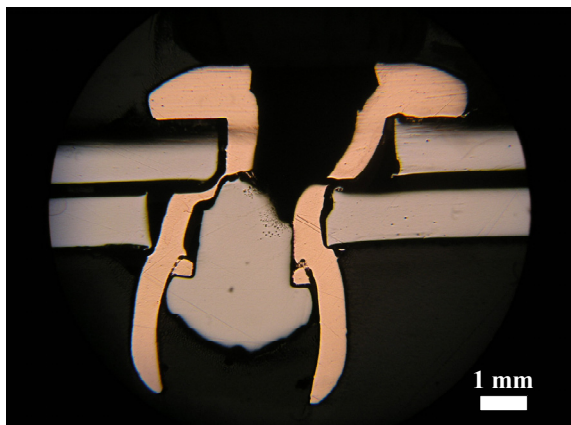


10: Měděný plech – trhací nýt AlMg

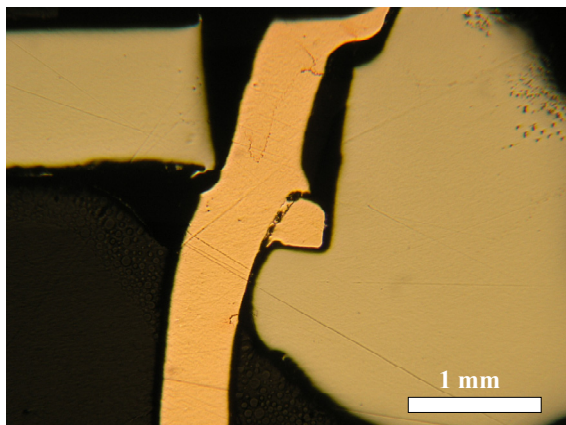
uvolnění lze pozorovat u kombinací měď – niklový bronz a ocel – ocel (Obr. 11c) z důvodů malého rozdílu elektrochemického potenciálu mezi konkrétním spojovacím členem a spojovaným materiálem.

V úvahu je nutno vzít vnitřní část nýtu, která je opět z jiného materiálu. Výsledkem je korozní po-

škození dosedacích a vodících ploch nýtu. Takto dochází k uvolnění jednoosého napětí v tahu a nýt při zatěžování, které působí ve směru posunutí spojených ploch, tj. kolmo k ose nýtu; začíná být namáhán stříhem.



a) ocelový plech tř. 11 – nýt CuNi 3



b) ocelový plech tř. 11 – nýt CuNi 3 (detail)

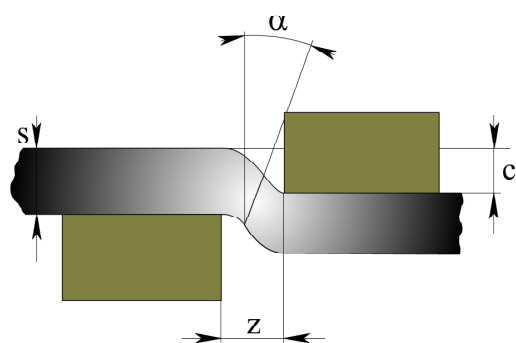


c) ocelový plech tř. 11 – nýt Fe 3,5



d) plech z nerez oceli – nýt CuNi 3

11: Přestřižené nýtové spoje



a – úhel porušení, c – hloubka vtisku, s – tloušťka stěny nýtu, z – střížná vůle

12: Schéma stříhání materiálu

Zde se projevuje nejen velikost rozdílů korozního potenciálu mezi aplikovanými materiály a tím rychlost korozního úbytku kovu, ale i agresivita kryptopodmínek okolí a provedení spoje. V našem případě zvolené prostředí je možno přiřadit k mírnějšímu v hodnocení agresivity ($C_2 - C_3$). I provedení nýtového spoje lze hodnotit z úhlu pohledu možností vytváření nýtového spoje použitými kleštěmi a přesností usazení dřívku v rámci dosažitelného stupně uložení jako „průměrné“.

Snížení životnosti spoje v závislosti na délce expozice v kondenzačních komorách je patrné z uvedených závislostí síla – prodloužení. Roste-li tloušťka korozní vrstvy, nebo je-li vytvořen vhodný soubor podmínek pro porušení dřívku pod hlavou, nastává stříhání nýtu, který je určen pro namáhání tahem.

Jeho porušení je pak funkcí střížné vůle, která nastala v rámci degradace materiálu galvanickou korozí (Obr. 11d).

Tato střížná vůle roste s časem expozice a současně se mění velikost střížné síly. Velikost střížné mezery je funkcí plasticity kovů, tloušťky spojovaných materiálů a tangenty úhlu porušení α (Obr. 12). Stanovení úhlu porušení je otázka statistického vyhodnocení metalografických snímků. Je zřejmé, že u měkkých

materiálů nýtu je postačující i velmi malá střížná vůle (Cu – nýty), zatímco u ocelových nýtů je úhel α větší. Když pomineme plastičnost hran spojovaných plechů, je evidentní, že se α mění s délkou expozice a korozní rychlostí řízenou velikostí korozního potenciálu mezi jednotlivými materiály. Z výše uvedeného vyplývá doporučení, aby se spojovací materiály z hlediska korozní ušlechtilosti co nejvíce přiblížily spojovanému materiálu.

SOUHRN

Práce zabývající se problematikou degradace nýtových (trhacích) spojů obsahuje nové poznatky v oblasti:

- navržení zkušební metodiky verifikace pevnosti nýtových spojů
- vyčlenění synergického aspektu mechanické napětí – korozní poškození
- vyhodnocení poškození pro různé spojovací a spojované materiály
- rozbor experimentálních výsledků z pohledu reálných podmínek porušování spoje
- praktická doporučení pro technickou praxi.

Práce zohledňuje současný stav poznání a pro rozšíření poznatků lze doporučit variabilitu ve výběru korozního prostředí (prostředí soli, kyselých dešťů apod.) a způsobu namáhání spoje (podíl dynamického a kvazidynamického namáhání), které by v maximální míře vykreslovaly reálné podmínky při namáhání nýtových spojů.

korozí, mechanické vlastnosti, trhací nýty

SUMMARY

Presented work, dealing with the problematic of degradation of riveted joints, includes new findings in following fields:

- proposal of testing method for rivet joints strength verification
- separating of synergistic effect of mechanical stress-corrosion damage
- damage evaluation performed for different jointing and jointed materials
- analyses of experimental results regarding real conditions of machine breakdown
- practical recommendations for engineering practice.

The work reflects presents state of knowledge. Variability in the type of corrosion environment selection (salt environment, acid rains, etc.) and method of joint loading (contribution of dynamic and quasi-dynamic loading) can be recommended for extending of current knowledge. Above mentioned conditions have to maximally follow and describe the real state of riveted joints loading.

LITERATURA

- ČERNÝ, M. a kol., 1984: Korozní vlastnosti kovových konstrukčních materiálů, SNTL, Praha
KŘÍŽ, R. a kol., 1994: Strojírenská příručka, 5. svazek, SCIENTIA, Praha, ISBN 80-85827-59-X
KŘÍŽ, R. a kol., 1998: Strojírenská příručka, 8. svazek, SCIENTIA, Praha, ISBN 80-7183-054-2
KUNC, V., 2002: ČSN EN ISO 14588, Trhací nýty – Terminologie a definice, Český normalizační institut, Praha

- Firemní materiály výrobního sortimentu trhacích nýtů fy. Bralo, Fabory, 2007
SKÁLOVÁ, J., 2001: Fyzikálně metalurgický slovník, Západočeská univerzita Plzeň, ISBN 80-7082-831-5
ŠČERBEJOVÁ, M., 1993: Strojírenská technologie, MZLU, Brno, ISBN 80-7157-083-4

Adresa

Doc. Ing. Michal Černý, CSc., Doc. Ing. Josef Filípek, CSc., Ústav techniky a automobilové dopravy, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika

