SOFTWAROVÉ SIMULACE KOROZE – NÁSTROJ PREDIKCE

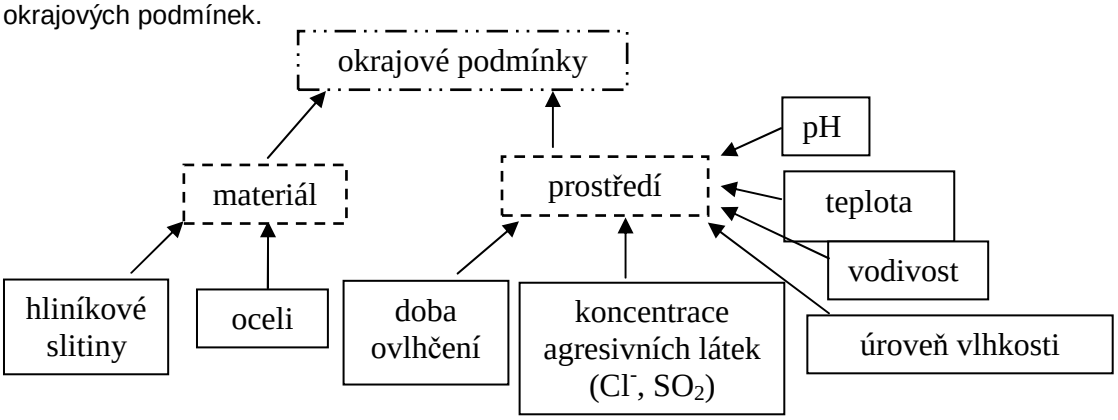
Ing. Martina Pazderová, Ph.D., Ing. Miroslav Valeš
Výzkumný a zkušební letecký ústav, a.s.

Abstrakt
Článek se zabývá zcela novým přístupem k řešení modelování korozních stavů a dějů a predikci průběhu koroze, založeném na využití softwarových analýz. Na základě aplikace elektrochemických jevů na jednodušší konstrukční prvky je možné sledovat a odhadnout degradaci materiálu, druh korozního napadení a rozsah poškození. Navržené konstrukční prvky jsou snadno aplikovatelné na většinu konstrukcí a kombinací jednotlivých prvků je možné vytvářet složitější konstrukční uzly. Předem definované konstrukční body jsou vystaveny přesně nadefinovanému prostředí, jehož složení je vymezeno stanovením okrajových podmínek. Informace získané na základě softwarové analýzy nabízí pohled na průběh koroze materiálu a povrchových úprav a její změnu v čase.

Úvod
Koroze vždy patřila k přirozeným součástem dějů, probíhajících v přírodě; v oblasti průmyslu představuje ve větší či menší míře problémy. Způsobuje poškození jednotlivých konstrukčních prvků, případně celých objektů. Zcela automaticky tak dochází k nárůstu nákladů souvisejících s opravami a náhradami poškozených předmětů. Vzhledem ke skutečnosti, že působení koroze nelze zcela zastavit, je třeba vyvinout maximální úsilí zajišťující omezení vlivu poškození na minimum. Tohoto cíle lze dosáhnout pomocí mnoha různých opatření. V první řadě se jedná o projektová opatření, která zahrnují volbu vhodného materiálu, odpovídající protikorozní úpravy, úpravu agresivity prostředí, atd. Následně lze využívat opatření během provozu, mezi něž patří pravidelná údržba, monitorování kritických míst, apod. Třetí možností, kterou lze využít při návrhu konstrukce, jsou nástroje pro predikci koroze.
Modelování a softwarové analýzy dnes patří mezi zcela běžné nástroje využívané při řešení řady problémů v oblasti materiálů. Je možné provádět pevnostní a termomechanické analýzy, analýzy životnosti a další. Bohužel v oblasti koroze zatím stále existují velké mezery a provádění komplexních analýz z hlediska životnosti materiálů je stále předmětem vývoje.
Tento článek se zabývá možným postupem řešení této problematiky za využití vhodných typů vstupních dat, jejímž výsledkem je získávání výsledků, umožňujících definování kritických bodů konstrukce, přiblížení průběhu možného korozního napadení a postup koroze v čase. Na základě takovýchto informací lze následně lépe volit konstrukční materiály, povrchové úpravy, nebo přijímat konstrukční řešení.

Simulace koroze

Okrajové podmínky
Okrajové podmínky představují základní parametry definující sledovaný korozní systém. Vždy jsou voleny na základě konkrétního typu konstrukčního prvku, který je vystavený působení definovaného korozního prostředí. Obecně lze mezi okrajové podmínky zařadit geometrii korozního systému, materiálové složení konstrukčního prvku a složení a vlastnosti korozního prostředí. Uvedené parametry jsou považovány za vstupní data pro simulační software a na Obr. 1 je zobrazeno jednoduché schéma všech vstupních parametrů vstupujících do procesu výběru okrajových podmínek.



Obr. 1: schéma pro okrajové podmínky

Jednotlivé podmínky mají různý vliv na průběh korozního napadení. Správná volba materiálu je důležitá zejména z hlediska spojení různě ušlechtilých kovů a s tím souvisejících korozních potenciálů. Materiál se zápornějším samovolným korozním potenciálem se stává anodou a kov s kladnějším korozním potenciálem katodou, přičemž u anodického kovu dochází ke zrychlení degradace a většímu poškození. Důležitým parametrem je také nastavení vlastností povrchu, velikost poškození, přítomnost důlků, apod. Korozní chování prostředí je definováno hodnotou pH, teplotou, vlhkostí a dobou ovlhčení, koncentrací agresivních látek a všechny tyto parametry ovlivňují hodnotu

vodivosti, která má největší vliv např. na dosah a míru působení galvanického článku. Z hlediska geometrie je většinou nejpodstatnějším bodem poměr plochy anody a katody, kde spojení malé anody a velké katody může mít velmi nežádoucí účinky a vzdálenost jednotlivých elektrod. Rychlost reakce probíhající na jednotlivých částech konstrukce je přímo závislá na polarizovatelnosti spojených materiálů.

Korozní proud a potenciál

Korozní proud a potenciál představují jeden z nejdůležitějších faktorů, které definují vlastnosti a charakteristické chování materiálů. Korozní reakce probíhající v degradujícím materiálu se projeví elektrochemickými změnami, tj. změna korozního proudu a potenciálu. Korozní rychlost a tudíž i míru koroze je možné stanovit z hodnot korozního proudu.[1]

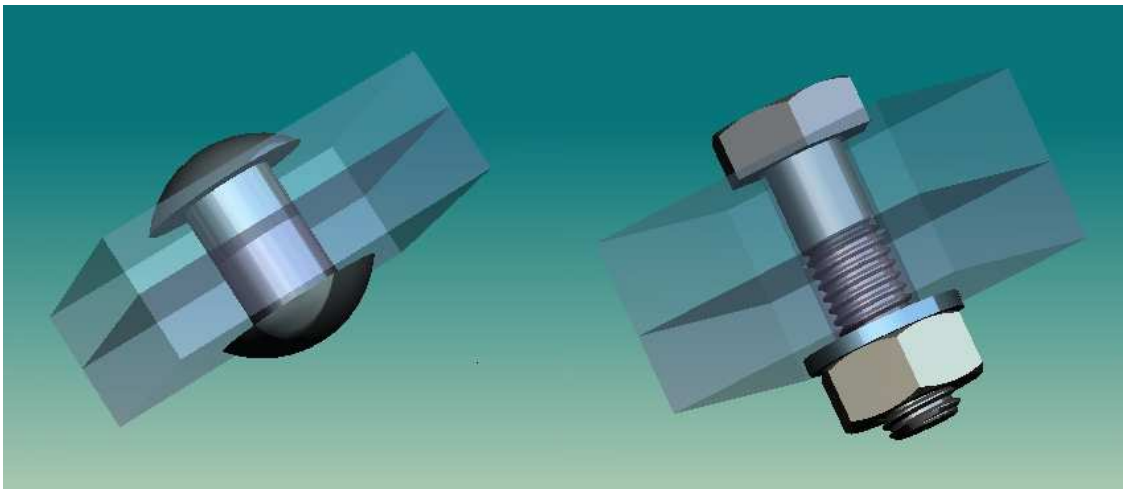
Elektrochemická měření umožňují rychlejší zjištění korozní rychlosti než např. gravimetrická metoda. Na základě zjištěných korozních rychlostí je možné klasifikovat průběh koroze do následujících kategorií.

Korozní rychlost (mm/rok)	Klasifikace
< 0,02	Vynikající
0,02 – 0,1	Výborná
0,1 – 0,5	Dobrá
0,5 – 1	Přípustná
1 – 5	Slabá
5+	Nepřípustná

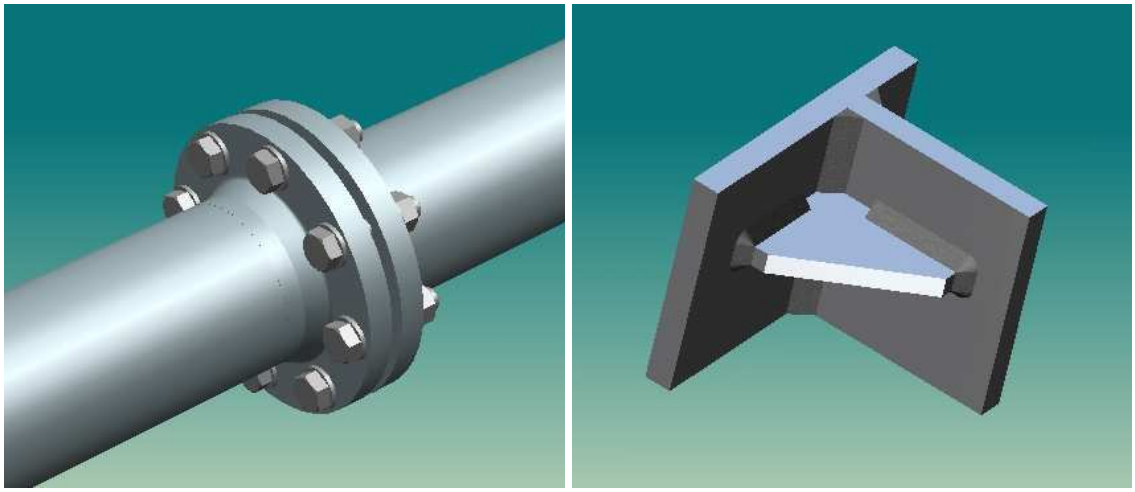
Tab. 1: klasifikace koroze

Modely konstrukčních prvků

Jak bylo uvedeno dříve, jedním z důležitých parametrů je definice konstrukčního řešení daného modelu. Na Obr. 2 jsou uvedeny příklady jednoduchých konstrukčních prvků, s jejichž pomocí je možné provádět simulaci korozního poškození a řešit predikci průběhu napadení. Při modelování složitějších konstrukcí se vždy vychází ze základních prvků, přičemž kombinace těchto jednoduchých řešení následně nabízí komplexní pohled na složitější prvek.



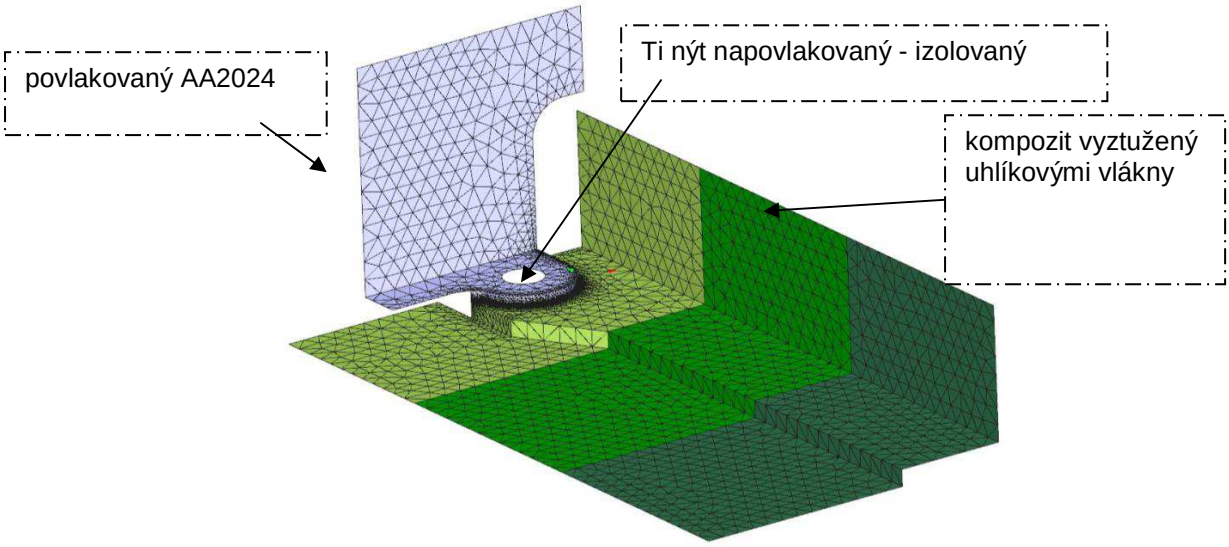
a) b)



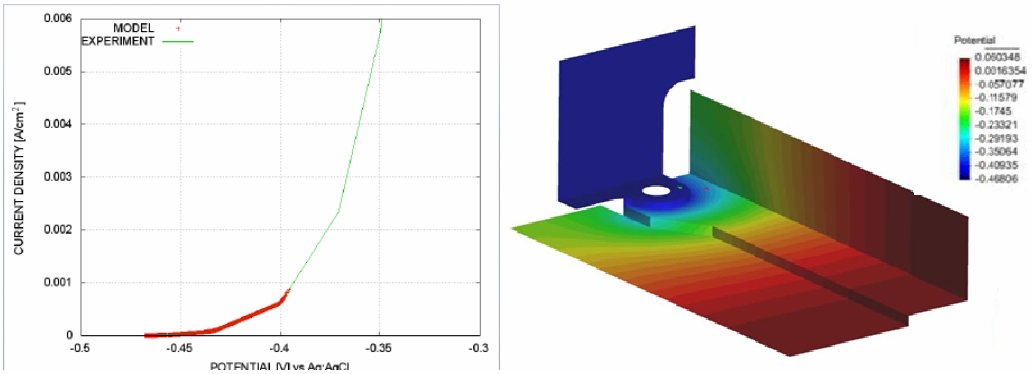
c) d)

Obr. 2: modely konstrukčních prvků, a) nýtový spoj; b) šroubový spoj; c) příruba; d) příhradovina

Na Obr. 3 je vidět vzorový postup modelování geometrie a následně i koroze na konstrukčním prvku letadla. V tomto případě jsou spojeny tři různé materiály – díl z hliníkové slitiny, izolovaný titanový nýt a kompozitový díl typu uhlík-epoxid. S ohledem na vzdušnou vlhkost a další parametry ovlivňující korozní poškození materiálů, vzniká na povrchu konstrukce tenká vrstva elektrolytu. Vzniká tak vodivé spojení mezi jednotlivými konstrukčními díly a vytváří se galvanický článek. Po zadání všech vstupních parametrů provádí simulační software zpracování všech podmínek a výstupem jsou informace o rozložení potenciálu a proudové hustoty po exponovaném povrchu (-viz Obr. 4) a o výskytu anodických a katodických oblastí na prvku.[2-4] Na základě těchto dat je možné definovat oblasti s vysokou pravděpodobností korozního napadení, případnou míru poškození, kritická místa v konstrukci, nevhodné spojení materiálů, atd.



Obr. 3: model geometrie uzlového místa letadla



Obr. 4: výstupní informace, distribuce potenciálu, proudová hustota

Závěr

V rámci simulace poškození materiálu probíhá nastavení řady důležitých parametrů. Výsledkem analýzy je mapa poškození a rychlosti koroze. Softwarová analýza a simulace průběhu korozního napadení a poškození představuje důležitý nástroj pro zlepšení možností materiálového a korozního inženýrství. Tento nový pohled na řešení korozní problematiky umožňuje sledování změny stavu v čase a přiblížení reálného průběhu chování materiálu. Analýza je založena na modelování konstrukcí tvořených jednoduchými prvky a jejich kombinováním. Zapojením stejných prvků v řadě za sebou lze ověřit vliv konstrukčního materiálu na chování a korozní odolnost prvku.

Spojením výsledků získaných z různých simulačních analýz je možné vytvářet ucelené závěry týkající se jak pevnostních a termomechanických, tak i korozních charakteristik.

Použitá literatura

[1]P. Novák, učební materiál Korozní inženýrství na CD

[2] R. A. Adey, P.Y. Hang: Computer simulation as an aid to Corrosion Control and Reduction, http://www.beasy.com/images/pdf/publications/corrosion99.pdf

[3]S.M. Niku, R. Adey, A „CAD“ system for the analysis and design of cathodic protection system, dostupné z: http://www.beasy.com/images/pdf/publications/papers/cpcadsys.pdf

[4] Simulation of Galvani