

# VLIV MAZÁNÍ SPOJOVACÍHO MATERIÁLU NA TĚSNOST PŘÍRUBOVÉHO SPOJE

Martin TESAŘ

## Anotace

Těsnost přírubového spoje ovlivňuje mnoho faktorů. Jedním z podstatných vlivů na výslednou těsnost přírubového spoje má typ mazacího přípravku a způsob mazání použitého spojovacího materiálu. Aby přírubový spoj bezpečně těsnil, je třeba ve výpočtech, pokud možno zohlednit všechny vlivy a také všechny zúčastněné komponenty spoje. Tedy přírubu, spojovací materiál a těsnění.

Skutečnosti uvedené v tomto článku vycházejí z našich rozsáhlých měření, testování a ověřování si reálných vlastností maziv, jejich vlivu na přenos síly ve šroubu při utahování a tím i na výslednou těsnost přírubových spojů.

**Klíčová slova:** třída těsnosti, utahovací moment, měrný tlak na těsnění, mazání, součinitel tření, vypalovaný kluzný lak

## Třída těsnosti – průkaz těsnosti – měrný tlak na těsnění

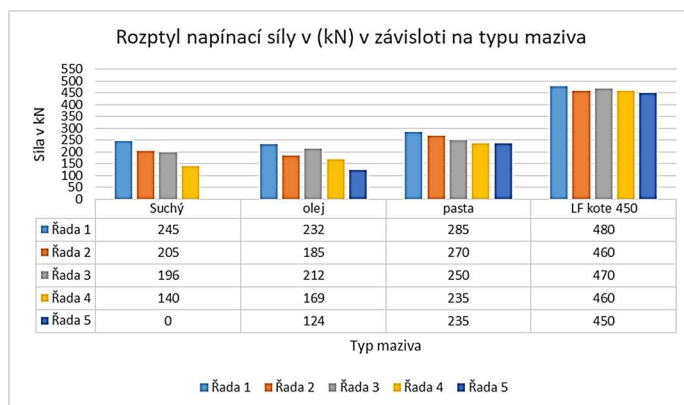
Výsledný utahovací moment je výsledkem složitého algoritmu, který zohledňuje všechny požadované provozní a technické parametry zařízení.

Nedílnou součástí výpočtu jsou parametry materiálu přírub, spojovacího materiálu a charakteristické hodnoty navrženého materiálu těsnění. Jde o výpočet podle EN 1591-1 s průkazem těsnosti.

Aby těsnění správně a bezpečně těsnilo v celém průběhu provozních parametrů podle požadované třídy těsnosti, musí být po celém svém obvodu rovnoměrně stlačeno vypočítaným měrným tlakem. Měrný tlak nesmí poklesnout pod minimální hodnotu  $Q_{\min}$ - kdyby těsnění bylo odlehčeno natolik, že nebude již bezpečně těsnit. Stejně tak nesmí překročit  $Q_{\max}$ - aby se nerozdrtilo.

## Utahovací moment – tření – síla ve šroubu – měrný tlak

Měrný tlak na těsnění je vyvozen stlačením přírub k sobě. **Stlačení přírub je dosaženo předpětím – silou ve šroubech, která je vyvozena utažením spojovacího materiálu na předepsaný utahovací moment.** Závislost mezi utahovacím momentem a jím vyvozenou silou (předpětím) ve spojovacím materiálu je ovlivněno třením. Dalším důležitým úkolem maziva je dosažení **co nejmenšího rozptylu upínací síly v jednotlivých šroubech**, které zajistí rovnoměrné stlačení těsnění.

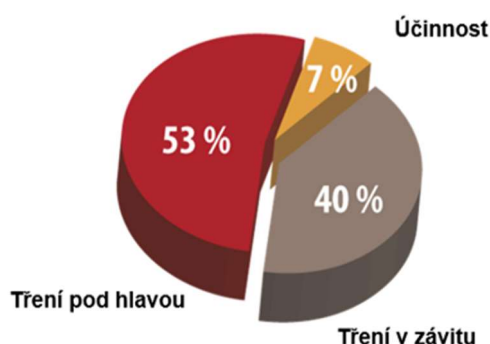


Obr.1 Rozptyl upínací síly podle typu maziva

Součinitel tření a typ maziva je nedílnou součástí výpočtu utahovacích momentů. **Každý, kdo utahuje přírubové spoje na předepsaný utahovací moment pak musí použít mazivo s odpovídajícím součinitelem tření použitým ve výpočtech.**

### Mazat/nemazat - závit šroubu - matice - podložka

V případě, že není použito žádné mazivo, nebo jen olej, se při utahování přenesou pouze 7-10 % (viz obr. 2 „účinnost“) požadované síly z vypočteného utahovacího momentu. Více jak 90 % energie z utahovacího momentu se změní v teplo vlivem obrovského tření.



Obr. 2 Spoje bez maziva - poměr ztrát tření

Velmi důležité je ošetřit mazivem, jak vlastní závit spojovacího materiálu, tak i podložky a čela matic.

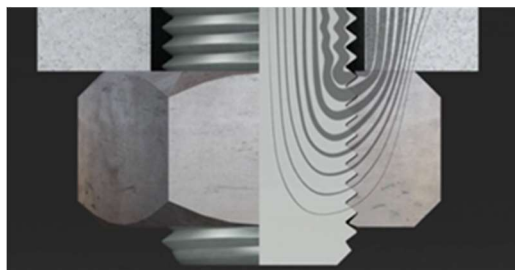


Obr. 3 Mazání závitu



mazání čela matic a podložek

Z rozsáhlých měření a praxe vyplývá, že největší zatížení přenáší první 3-4 závity šroubu.



*Obr. 4 Přenos zatížení přes první 3-4 závity*

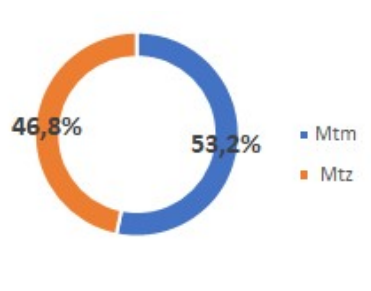
Tato síla pak způsobuje extrémní namáhání maziv na tlak. Vlivem vzájemného tření mezi závity šroubu a matice dojde k vytlačování maziva. Stejný jev se děje i mezi podložkou a čelem matice.

Nedílnou součástí každého spoje musí být podložky (ne vějířové) a s tím souvisí i důležitost mazání podložek a čela matic.



*Obr. 5 Spoj bez podložky      s podložkou*

Význam použití podložek vyplývá z poměru ztrát tření v závitu a pod hlavou šroubu.

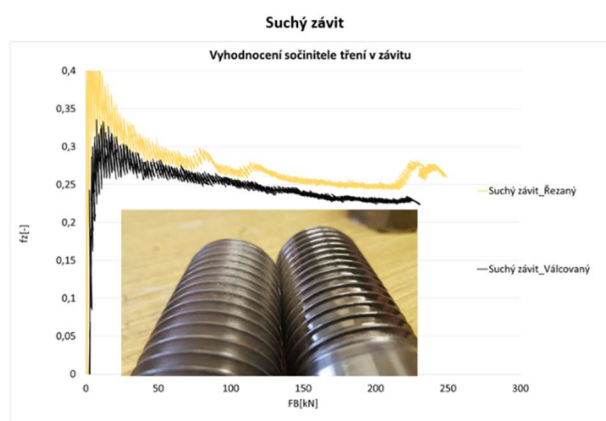


*Obr. 6 Podíl momentu tření pod maticí (hlavou) Mtm a v závitu Mtz na celkovém utahovacím momentu při použití maziva LF kote 450.*

Pozn.: Vějířové podložky jsou z pohledu přenosu sil při utahování naprosto nevhodné. Vlivem plastické deformace podložky mnohonásobně zvyšují tření a nekontrolovaně zhoršují přenos sil.

## Řezaný a válcovaný závit z pohledu tření

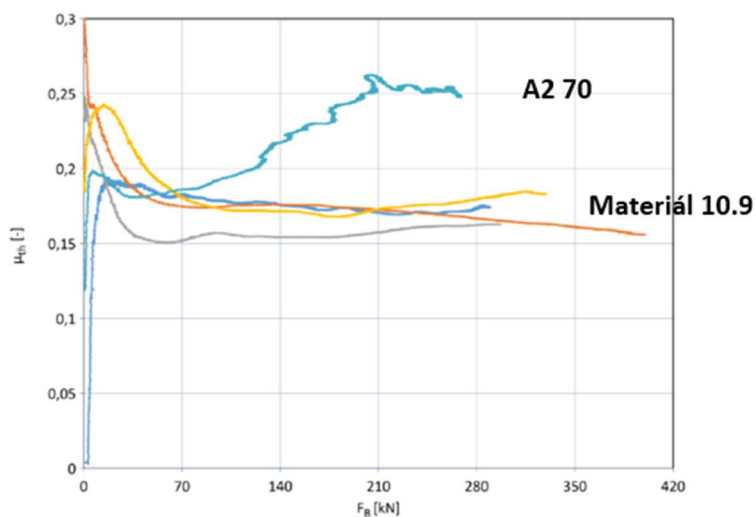
Technologie výroby závitu má také svůj vliv na tření a přenos síly do šroubu. Válcovaný závit je hladší a vlivem výroby i zpevněný. Díky tomu vykazuje sám o sobě o něco lepší tření než řezaný závit. I řezaný závit v kombinaci s vysoko teplotními pastami vykazuje horší přenos síly ve šroubu.



Obr.7 Průběh tření suchého závitu –řezaný/ válcovaný

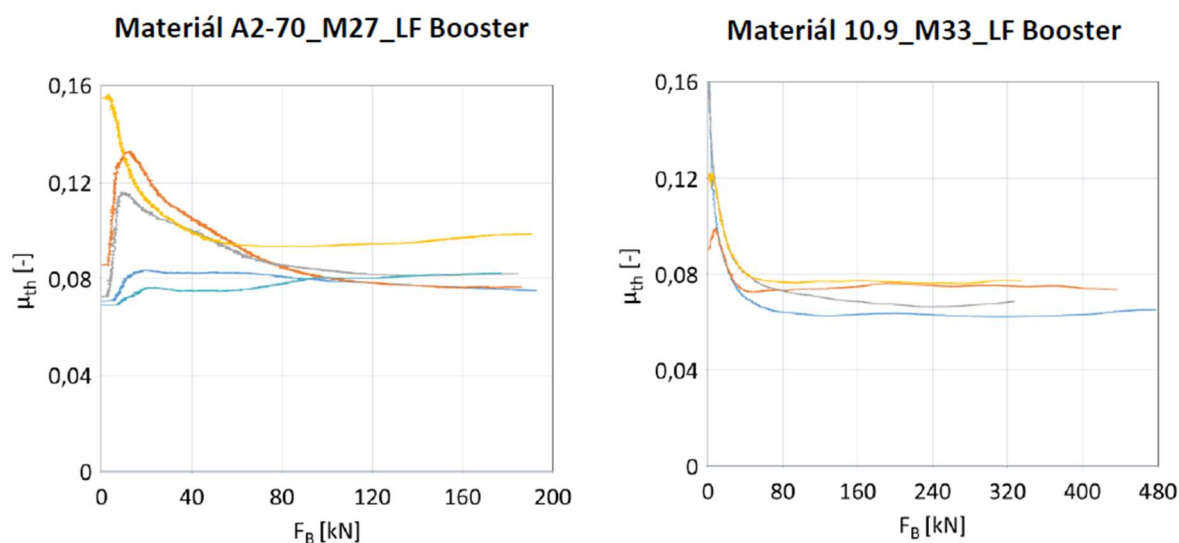
## Proč mazat nerezový spojovací materiál

Spojovací materiál z nerezové oceli se velice rychle „zakusuje“ vlivem velkého množství chromu. A to i v porovnání se suchým spojovacím materiálem pevnosti 10.9.



Obr.8 Porovnání průběhu tření v závitu suchého spojovacího materiálu A2 70 a 10.9

Na následujících grafech je vidět zásadní vliv maziva na průběh tření v závitu. Z grafu plyne snížení a ustálení součinitele tření v závislosti na dosažené síle ve šroubu. Proto je důležité spojovací materiál a obzvláště nerezový mazat.



Obr.9 Příklad snížení a ustálení průběhu tření v závitu s mazací pastou pro šroubové spoje LF Booster

Pozn.: LF Booster je speciálně vyvinutá mazací pasta pro šroubové spoje.



### Prostřížení mazacího filmu - zhoršení součinitele tření

Z našich měření plyne, že velikost šroubu **nemá** vliv na tlak pod maticí vyvozený během utahování.

Není-li mazivo pevně ukotveno do povrchu závitu, dochází k prostřížení mazacího filmu. Působením smykového tření pak následně ke kontaktu kov na kov (matice-šroub). Čím je materiál šroubu tvrdší a hladší, tím se volně nanášené mazivo na závitech rychleji vymáčkne. Stejný efekt se projeví i u maziv ve spreji na vzduchu vytvrzených. Bez kotevní vrstvy se volně nanášené mazivo nemá jak udržet na povrchu závitu. Vlivem tlaku mezi závity během utahování se mazací film prostřihne a sedře až na základní kov.



Obr. 11 Vytlačené mazivo-pasta



- kluzný lak ve spreji



Může tak dojít ke zhoršení přenosu požadované síly ve šroubu, které následně ovlivní i velikost měrného tlaku vyvozeného na těsnění. V důsledku toho nemusí být těsnění rovnoměrně stlačeno po celém svém obvodu. V případě kritických spojů to může mít za následek netěsnost.

Volně nanesené mazivo (pasta, kluzný lak ve spreji na vzduchu vytvrzený) na závit, neumožňuje (bez přimazání) **opakovatelnost** utahování s původně uvažovaným součinitelem tření. Při opětovném utahování se zhorší součinitel tření až o 30 % - 50 %.

**S nárůstem utahovacího momentu se síla (přepětí ve šroubu) již adekvátně nezvyšuje.**

### Vliv teploty na mazivo

Mazací pasty obvykle používají jako pojivo materiály (tuky) reálně odolné teplotám maximálně do cca 150 °C. Pro tuky se již jedná o hraniční teploty, kdy může docházet k jejich vysušení. V místech závitu zůstanou při těchto teplotách většinou jen mazací částice v podobě prášku.



*Obr. 12 Mazací pasta po teplotě 600 °C*

Kombinace vysoké teploty, v jeho důsledku i tepelná roztažnost, společně s prostřížením mazacího filmu při utahování mají obvykle za následek zadření. Zbytky vysušeného maziva již nemají mazací schopnosti. Že je šroub zadřený, zjistí obsluha v okamžiku, kdy nemůže spojovací materiál povolit.



*Obr. 13 Zadřený šroub (mazaný pastou, teplota kolem 600 °C)*



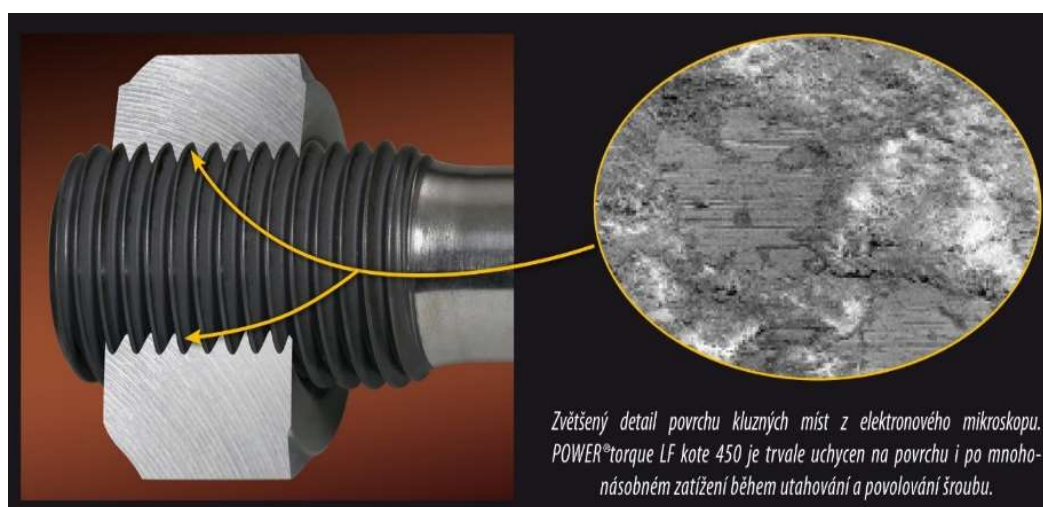
## Mazivo trvale ukotvené do povrchu závitu

Jediným způsobem, jak udržet mazivo v závitech, je jeho trvalé ukotvení do povrchu spojovacího materiálu. Této technologii nanášení se říká vypalovaný kluzný lak.

Například **Power®torque LF kote 450** je speciálně vyvinuté suché mazání na bázi MoS<sub>2</sub>. Teplem vytvrzený kluzný lak odolává extrémnímu zatížení v tlaku a smyku. Trvale odděluje od sebe závit šroubu a matice.

## Konstantní součinitel tření - rovnoměrné utažení

Pevně ukotvené mazivo do povrchu závitu se při utahování nevymačká, nedojde k jeho prostřížení. Tyto vlastnosti zaručují konstantní součinitel tření v celém rozsahu utahovacích momentů. Ve všech šroubech je stejný přenos sil a tím i dosažení rovnoměrného stlačení těsnění po celém jeho obvodu.



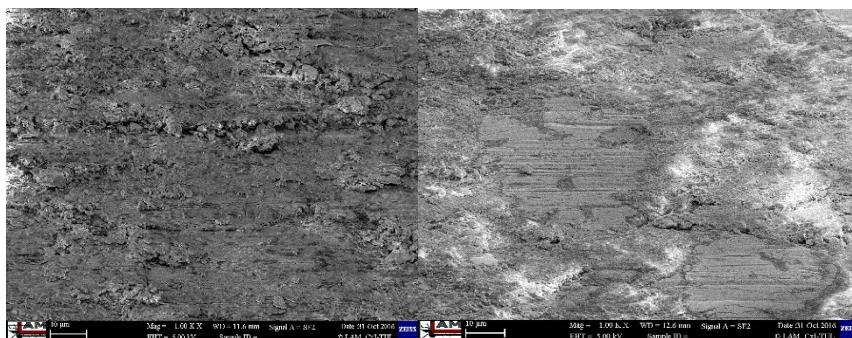
Obr. 14 Zvětšený detail povrchu kluzných míst

## Možnost následného povolení

Trvalé oddělení závitu šroubu od závitu matice umožní jejich následné povolení po mnoha letech provozu i na vysokých teplotách. Provozovatel tak během údržby zařízení výrazně zkrátí čas potřebný k povolování spojovacího materiálu. Je to jediný způsob jak předejít zadření šroubů. Následně umožní nedestruktivně demontovat spojovací materiál, zvláště pak v prostředí s nebezpečím výbuchu (Ex).

## Opakovatelnost utažení

Vypalované kluzné mazivo zaručuje mnohonásobné povolání a utažení. Opakovaným povolováním a utahováním se **nemění součinitel tření** a kluzný lak se neopotřebovává. Této vlastnosti se s výhodou používá v aplikacích, kde se často musí šrouby utahovat a povolovat.



Obr. 15 Detail z el. mikroskopu - Power® torque LF kote 450 před a po mnohonásobném utažení

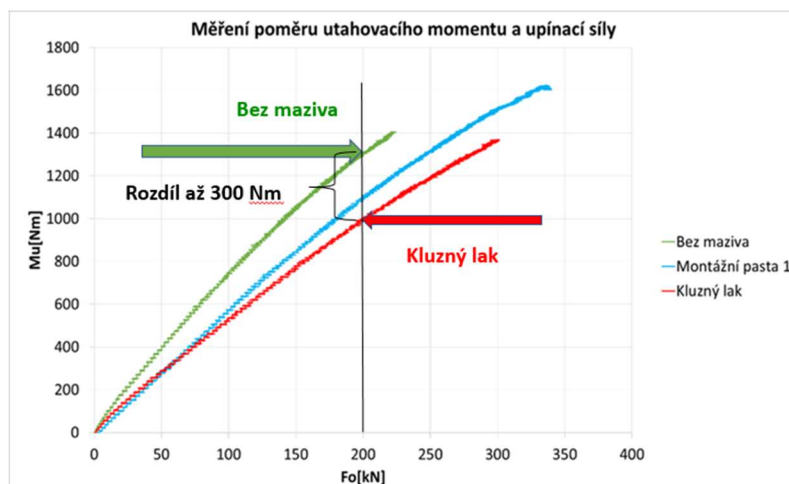


Obr. 16 Kluzný lak (Power® torque LF kote 450) se po opakovaném utažení zaleštuje.

Na stránkách <https://utahovacimoment.tesneni.cz/cs/kalkulacka> si zákazníci sami mohou spočítat velikost utahovacího momentu pro mazivo LF Booster a LF kote 450. Kalkulátor pracuje s mnoha tisíci ověřovacích sérií měření součinitelů tření uvedených maziv.

### Poměr utahovacího momentu a upínací síly

Z porovnání požadovaných utahovacích momentů suchého šroubu a šroubu mazaného mazivem vyplývá, že například u šroubu mazaného kluzným lakem se může pro dosažení upínací síly  $F_0$  200 kN použít až o 300 Nm menší utahovací moment než u nenamazaného šroubu. Nejenom, že se montér méně nadře, ale šroub s mazivem je daleko méně namáhán na krut.

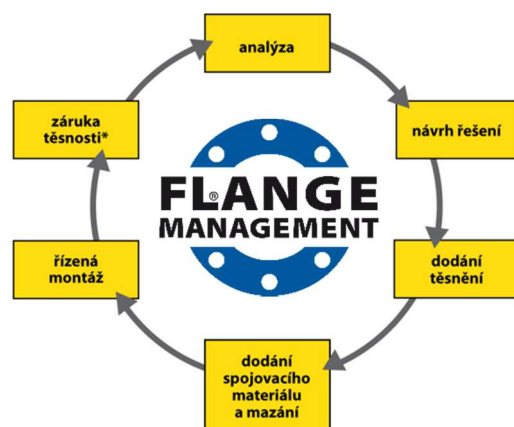


Obr. 17 Graf přenosu síly v závislosti na utahovacím momentu



## Komplexní řešení těsnosti přírubových spojů

(od návrhu až po vlastní řízené utahování) je řešeno oddělení Flange management



**Další poskytované služby:**

**Školení montážních pracovníků podle normy EN 1591-4**



Tato norma se týká mechaniků šroubových spojů, pracovníků dozoru a odpovědných techniků, kteří demontují, montují a utahují jakékoli šroubové spoje v tlakových zařízeních v kritických aplikacích.

Cílem je předat informace o nových materiálech těsnění, které nahradily azbest, a jejich významného vlivu na zavedené montážní postupy a celkový vliv na spoj jako takový.

### CERTIFIKÁT ZPŮSOBILOSTI

je vydáván certifikovaným orgánem pro certifikaci osob akreditovaným Českým institutem pro akreditaci o.p.s. podle ČSN EN ISO/IEC 1724:2013

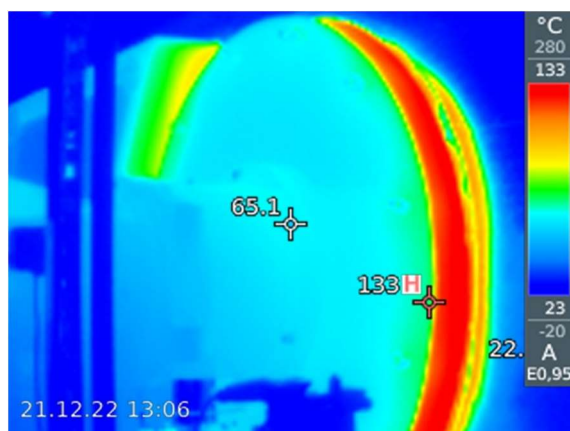
## Bezpečnostní objímky POWERseal/ EnviGuard na přírubové spoje

Slouží jako prevence k zachycení výronu média např. páry v případě selhání přírubového spoje. Bezpečnostní objímky tak mohou zabránit nežádoucímu poranění obsluhy.



## Termoizolační návleky POWER seal/ ThermoGuard

Termoizolační návleky jsou vyráběny na míru podle daného zařízení a požadavků na snížení tepelných ztrát.



*Obr. 18 bez izolace*



*Obr. 19 s izolací*

### Autor

Ing. Martin Tesař  
Manažer skupiny Flange management  
Pokorný industries s r. o. Brno  
Trnkova 115  
Tel: +420 725 125 953  
tesar@pokornyindustries.com  
www.pokornyindustries.com