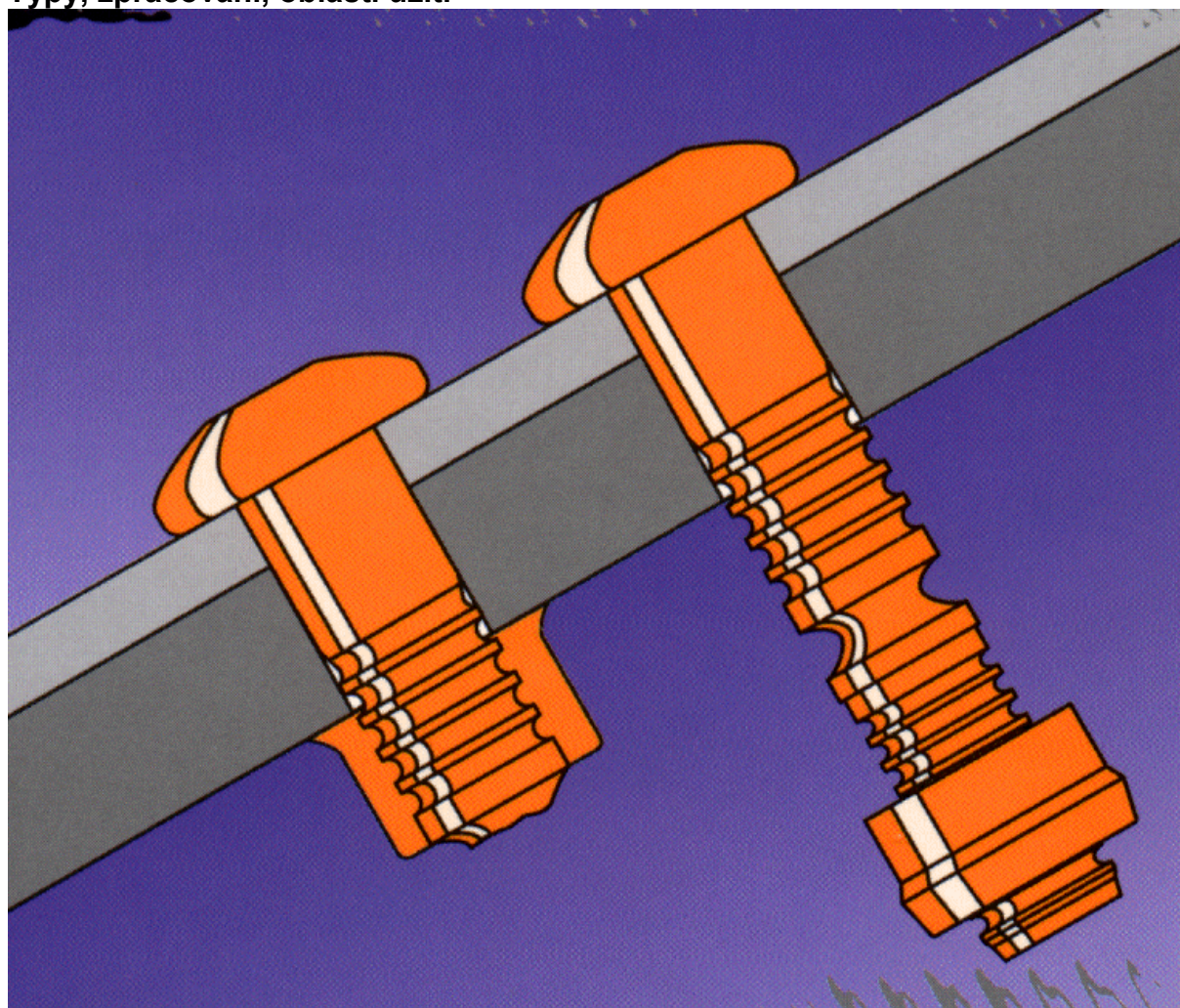


Svorníkové systémy s tvarovacím prstencem

Typy, zpracování, oblasti užití



VERLAG
MODERNE
INDUSTRIE

[Vydavatelství moderního průmyslu]

Technická knihovna
svazek 216

Svorníkové systémy s tvarovacím prstencem

Typy, zpracování, oblasti užití

Jörg Grandt



verlag moderne industrie
[Vydavatelství moderního průmyslu]

Tato kniha byla zpracována s odbornou podporou firmy
Gebr. Titgemeyer Befestigungstechnik GmbH

Německá knihovna – Záznamová jednotka CIP

Grandt, Jörg

Svorníkové systémy s tvarovacím prstencem: Typy, zpracování,
oblasti užití / Jörg Grandt. [Titgemeyer].-

Landsberg / Lech: Verl. Moderne Industrie, 2001

(Technická knihovna, sv. 216)

ISBN – 3-478-93240-8

© Veškerá práva

verlag moderne industrie, 86895 Landsberg / Lech

<http://www.mi-verlag.de>

Obrázky: č. 1 Thyssen Transrapid-Technik, Kassel, č. 13 Aluminal

Oberflächentechnik, Troisdorf Spich; č. 27 Jost, Münster; č. 29 Schmitz

Cargobull, Horstmar; č. 30 Bombardier-Talbot, Aachen; č. 33 Adtranz,

Mannheim; č. 35 Alusuisse, Singen;

všechny ostatní Gebr. Titgemeyer Befestigungstechnik GmbH, Osnabrück

Sazba: abs Media-Services GmbH, Buchloe

Tisk: Himmer, Augsburg

Vazba: Thomas, Augsburg

Printed in Germany 930240

ISBN – 3-478-93240-8

Obsah

Úvod	4
Svorníkové systémy s tvarovacím prstencem	6
Standardní svorníky s tvarovacím prstencem	8
Vysoce pevné předepnuté svorníky s tvarovacím prstencem	9
Materiály a povrchy	10
Zvláštní tvary svorníků s tvarovacím prstencem	12
Uzavírací / tvarovací prstence	15
Porovnávání svorníků s tvarovacím prstencem – mechanické techniky spojování	16
Pevnostní charakteristiky	20
Předepnutí a tření	21
Kontrola usazeného svorníku s tvarovacím prstencem	27
Dynamické chování svorníků s tvarovacím prstencem při zatížení	28
Vliv výroby na nosnost a životnost	28
Samovolné povolení spojení	32
Vrstvová úprava povrchu u svorníků s tvarovacím prstencem	34
Montáž	38
Příprava konstrukčních dílů	39
Postup zpracování	43
Zpracovatelský nástroj pro svorníky s tvarovacím prstencem	47
Kontrola jakosti	51
Demontáž	53
Užití	56
Schválení, záznamy o zkouškách / testy	66
Další vývoj	68
Odborné pojmy	69
Literatura	70
Partneři knihy	71

Úvod

Proces vzniku nových produktů v průmyslovém odvětví letadel a automobilů, ale i v ostatních průmyslových odvětvích je v posledních letech podroben razantní změně. Důvody pro to jsou rozmanité: globalizace trhů a s tím spojená zostřená mezinárodní konkurence, dislokace výroby do zemí s nižšími mzdovými náklady, zpřísněná legislativa s ohledem na bezpečnost, ručení za výrobky a vlivy na životní prostředí – abychom jmenovali jen některé z aspektů.

Rychlý vývoj produktů

Z toho vyplývá nutnost přivádět na trh ve stále kratších časových cyklech mnohem náročnější produkty, které navíc musí být co možno cenově příznivé.

Implementací elektronického zpracování dat se etablovaly nové konstrukční a vývojové metody, jako např. konstrukce podporovaná CAD nebo virtuální metody vývoje produktů, které vyústily ve snížení konstrukčních lhůt a nákladů.

Trend ke lehkým konstrukčním technologiím

Nové výrobní metody u profilů, součástí vyráběné kontinuálním litím a v protlačovacích lisech, sendvičové aplikace a pěny umožnily produkci konstrukčních součástí s podstatně nižšími hmotnostmi, ale téměř stejnými fyzikálními vlastnostmi, jako tomu bylo u tradičních metod.

Spojovacím článkem mezi nejrůznějšími konstrukčními součástmi, které mohou být vyráběny z hmotnostních důvodů z různých materiálů, jako jsou vysoce pevnostní oceli, hliníkové slitiny s vysokou pevností, hořčík, plasty nebo sendvičové elementy, jsou spojovací součásti. Když se musí spojit kovové a nekovové konstrukční součásti nebo kovové materiály bez přívodu tepla, řada osvědčených způsobů spojování vypadává.



Obrázek 1: Svorníky s tvarovacím prstencem v použití: Transrapid

Zde se ukazují silné stránky tak zvaných „Mechanických technologií spojování za studena“, kdy lze pracovat bez přívodu tepla a z toho vyplývající deformace teplem. Vysoce pevné nýtovací systémy, systémy vysoce pevných předepnutých svorníků s tvarovacím prstencem (Obr. 1), clinchování a lepení zažívají ať již jednotlivě nebo i v kombinaci s jinými aplikacemi skutečné obrození. Mnoho projektantů a vývojových pracovníků již rozpoznalo výhody těchto technologií spojování.

Bezpečnější a lehčí

Na jedné straně jsou schopné kompenzovat deformace a tím zvýšit bezpečnost spojení, na druhé straně přispívají k redukci hmotnosti spojovaných součástí. Další předností je relativně jednoduchá montáž a demontáž nýtovaných spojů či spojů svorníky s tvarovacím prstencem, které u zpracovatele nevyžadují žádné speciální kvalifikace a které se projevují i v nákladové složce příznivě.

Svorníkové systémy s tvarovacím prstencem

Pod svorníkovým systémem s tvarovacím prstencem se rozumí jednotka svorníku s tvarovacím prstencem, tvarovací hlava a nástroj pro zpracování. Byl vyvinut asi před 40 lety, jako mnoho jiných mechanických spojovacích elementů pro vesmírné lety a letectví. Svorník s tvarovací částí a tvarovacím prstencem (Obr. 2) integruje pozitivní vlastnosti plného nýtu a vysoce pevnostního předepjatého šroubu v jednom elementu.



Obr. 2 Standardní svorník tvarovací částí a tvarovacím prstencem

Z plného nýtu byla převzata vlastnost nerozebíratelnosti spoje a od vysoce pevných předepjatých šroubů vysoce pevné materiály byla do systémů svorníků s tvarovacím prstencem integrována vysoká pevnost materiálů.

Konstantně vysoké předepnutí

Konstantně vysoké předepnutí automaticky zahrnuté do zpracování je jednou z podstatných předností tohoto systému. Umožněno je to radiálním tvarováním materiálu uzavíracího prstence do paralelních tvarovacích / uzavíracích drážek svorníku a dodatečného axiálního prodloužení uzavíracího / tvarovacího prstence. Přitom nehrají roli ani třecí koeficienty, ani nedochází k torzi svorníku.

Spojení prostřednictvím svorníků s tvarovacím prstencem existují v mnoha variantách, rozměrech a materiálech.

Dobře zpracovatelné nerozebíratelné

Jednoduché zpracování, které je možné provést bez zvláštní kvalifikace zpracovatele v několika sekundách, možnost rychlé demontáže speciálním nástrojem i přes nerozebíratelné spojení a tak docílení tříděné recyklace různých druhů, jsou jen některé z předností. Tyto přednosti se odrážejí i v krátkých montážních časech a nízkých nákladech. Užitím spoje se svorníkem s tvarovacím prstencem se dají navíc eliminovat štěrby ve spoji.

..... jednoduše kontrolovatelné

Důležité je v rámci zajišťování jakosti to, že se dokončený spoj svorníkem s tvarovacím prstencem dá jednoduše kontrolovat. Od projektanta a konstruktéra se dnes vyžaduje komplexní uvažování. Při konstrukci musí uvážit vhodnou volbu použití materiálu včetně tuhosti, spojovacích materiálů a spárovacích materiálů a jejich ceny, montáž a demontáž, jakož i schopnost k recyklaci.

Jaký spojovací element se použije – zda plný nýt, šroub či svorník s tvarovacím prstencem – to se rozhodne na základě praktických požadavků. Přitom však nesmí zůstat náklady na spojovací elementy stranou. Tak činí často časová náročnost resp. výše nákladů na vytvoření spojení více než 50% až 60% celkových nákladů (obsahuje výrobu spojovacího elementu a celkovou techniku spojování). Když se uváží, že jenom v nákladovém bloku spojovací techniky připadá 80% nákladů na přípravné a následné práce a 20% připadá na vlastní proces spojování, potom je zejména v oblasti přípravných a dokončovacích činností velký potenciál úspor.

Zkrácení přípravných a dokončovacích prací

Systémy svorníků s tvarovacím prstencem vyžadují pouze nepatrný rozsah dokončovacích prací. Mohou být kontrolovány jednoduše deformací tvarovacího prstence. Kontrolu lze rovněž jednoduše při úspoře nákladů provádět porovnávacím kalibrem s mezními značkami.

Dnes je již třeba při návrhu celkové konstrukce uvážit možnosti demontáže, tedy tak zvané rozpojení v rámci činností opravy a hledisko opětovného využití. Demontáž plných nýtů bez poškození konstrukčních součástí je drahá a časově náročná. Normální šroubovaná spojení se dají jednoduše demontovat do té doby, než zareznu. Pokud se má povolit šroubované spojení, je často nutné kontrapřidržení hlavy šroubu.

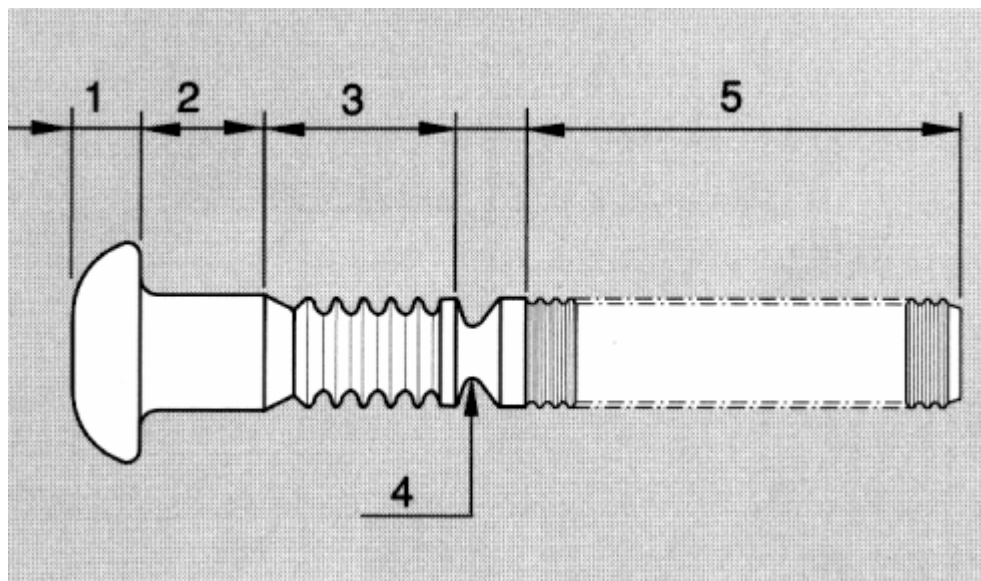
Demontáž proříznutím

Systémy svorníků s tvarovacím prstencem jsou nerozebíratelné, je však možné je speciálním proříznutím tvarovacího prstence ze strany uzavíracího prstence během vteřin proříznout. Jejich opakované použití pak již není možné. Avšak i demontované šrouby se upravují pro opakované použití jen zřídka.

Standardní svorníky s tvarovacím prstencem

Průměr 5 až 10 mm

Za standardní svorníky s tvarovacím prstencem se označují svorníky, které mají průměr od 5 mm do 10 mm. Převážně se používají v řemeslnické a průmyslové oblasti. Svorník s tvarovacím prstencem se skládá z hlavy, hladkého dřívku, tvarovací drážkované části, místa očekávaného lomu a tahové části, a používá se výhradně v uvedeném systému zpracování (Obr. 3). Hlava může mít plochý zaoblený tvar nebo být provedená jako velká zaoblená hlava a 90° zápusťná hlava. Hlavy s okosem nebo provedené jako malé hlavy lze vyrábět jako zvláštní provedení podle specifické aplikace.



Obr. 3

*Funkční části svorníku
s tvarovacím prstencem*

1. Plochá zaoblená nebo zapuštěná hlava
2. Hladký dřík
3. Tvarovací drážky
4. Místo očekávaného lomu
5. Tahová část

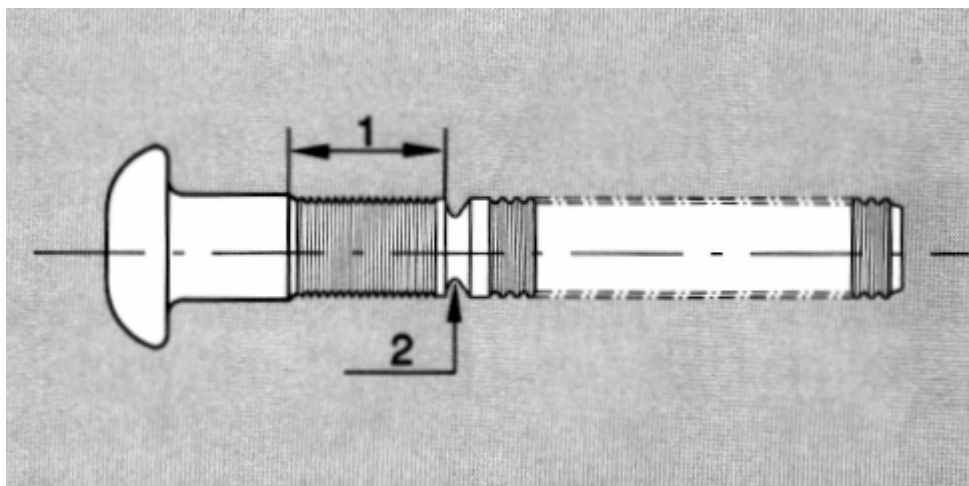
Svorník s tvarovacím prstencem původně vyvinutý v USA pro leteckou dopravu, byl vybaven nejprve třemi drážkami pro namáhání ve stříhu (typ Shear) a šesti tvarovacími drážkami pro namáhání v tahu. Nazván byl tento svorník s tvarovacím prstencem podle svého vynálezce Hucka.

Čtyři nebo šest drážek

V průmyslové aplikaci, kde dosud hmotnost spojovacího elementu nehrála žádnou roli, se v průběhu času prosadily svorníky s tvarovacím prstencem se šesti nebo čtyřmi drážkami pro smykové / stříhové resp. tahové užití. Tyto svorníky mají navíc tu přednost, že se tak dá pokrýt velký rozsah mechanického upnutí a počet potřebných svorníků se může zredukovat. Redukce spojovacích elementů spoří skladovací místa a tak i skladovací náklady.

Vysoce pevné předepnuté svorníky s tvarovacím prstencem

Jako vysoce pevné předepnuté svorníky s tvarovacím prstencem se označují svorníky, které mají obvykle rozsah průměru mezi 12 mm a 25,4 mm (maximálně 30 mm). Jejich struktura odpovídá výše popsanému standardnímu svorníku, přičemž počet drážek je dvojnásobný.



*Obr. 4
Vysoce pevný předepnutý svorník
s tvarovacím prstencem s jemným
drážkováním (1) a místem
určeného lomu (2)*

U vysoce pevných předepnutých svorníků s tvarovacím prstencem je hloubka drážek menší – jeden z předpokladů pro přenos vyšších zatížení (Obr. 4). Tvar hloubka a počet drážek je proměnlivý. Výběr se řídí podle požadovaných pevnostních vlastností spojení.

Nové vývoje v této oblasti předpokládají, že se tvarovací část s drážkami bude vyrábět se stoupáním, aby bylo možné tvarovací prstavec při předběžné montáži našroubovat. Tato varianta se dá potom i snáze demontovat.

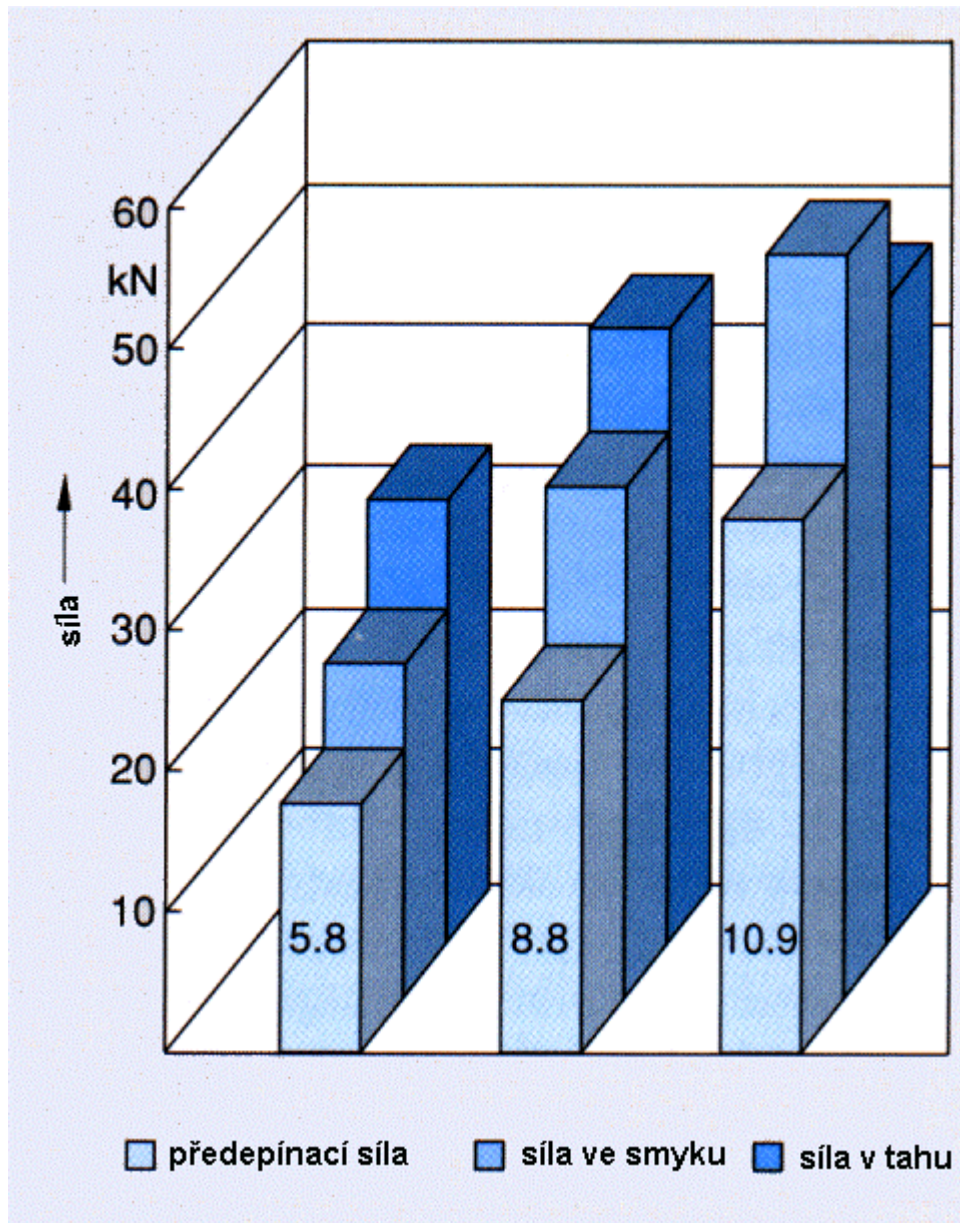
Žádné místo určeného prasknutí

Mezitím existují již svorníky s tvarovacím prstencem, které již nemají místo určeného lomu, aby se vyloučily případné problémy s korozí v místě ustřížení. Přitom je však třeba vzít v úvahu velký přesah svorníku nad tvarovacím prstencem.

Pokud se vysoce pevné předepnuté svorníky s tvarovacím prstencem používají u ocelových, jeřábových či mostních konstrukcích, potom musí být tyto schválené stavebním úřadem a realizované podle stavebního práva, jakož se musí sledovat i jejich jakost. Obalové jednotky musí vykazovat odpovídající označení.

Materiály a povrchy

Volba materiálu ovlivňuje pevnost a povrch svorníku s tvarovacím prstencem. Proto se navzájem rozlišují i použité materiály pro standardní svorníky s tvarovacím prstencem a vysoce pevné předepnuté svorníky s tvarovacím prstencem.



Obr. 5

Pevnostní rozdíly u svorníků s tvarovacím prstencem z oceli (průměr 10 mm) v závislosti na jakosti materiálu

Standardní svorníky se vyrábějí z legovaných ocelí jakostí 5.8 resp. 8.8 a 10.9, jakož i různých hliníkových slitin a z nerezavějící ušlechtilé oceli (Obr. 5) (třída jakosti viz DIN ISO 898, část 1). Doposud obvyklé hliníkové svorníky vykazují ve srovnání s ocelovými nižší pevnost. Nové vývoje v oblasti hliníkových materiálů zřejmě v budoucnosti dovolí vyšší pevnosti a větší výběr.

Trend k ušlechtilé oceli

Standardní svorníky s tvarovacím prstencem z ušlechtilých ocelových materiálů se sice zatím používají relativně zřídka, avšak trend jde, ostatně i jako u jiných spojovacích elementů, k těmto materiálům. Přednost ušlechtilé oceli spočívá především ve velmi dobré odolnosti proti korozi a dobré odolnosti proti teplotám.

Každý svorník s tvarovacím prstencem z pozinkované oceli na místě určeného lomu nemá zinkovou vrstvu. Pokud se na tomto místě neprovede vrstva následně, potom to může vést v místě určeného lomu ke korozi. Z tohoto důvodu jsou v mnohých případech nutná opatření k uzavření / zakonzervování místa lomu. Jiné materiály pro svorníky s tvarovacím prstencem, jako ušlechtilá ocel nebo hliníkové slitiny jsou odolné vůči korozi a tak nevykazují na místě očekávaného lomu žádnou korozi.

Parametry ovlivňující pevnost

Obecně je třeba zohlednit, že vlastnosti povrchu spojovacích součástí a svorníku s tvarovacím prstencem mají rovněž vliv na pevnost spojení. Pokud má nějaký spoj přenášet třecí sílu, potom je tato přímo závislá na koeficientu tření a síly montážního napětí. Svorníky s tvarovacím prstencem s pozinkováním redukuje přenášenou tahovou sílu. Zvláštní povrchy tak musí být v každém případě na tento efekt prověřeny a přezkoušeny.

U svorníků s tvarovacím prstencem s velkým předpětím se neprovádí žádná dodatečná povrchová ochrana. Rovněž zde jsou možné jiné povrchy. Pokusy s žárovým zinkováním svorníků s tvarovacím prstencem s velkým předpětím zde byly velmi pozitivní. Uzavírací / tvarovací prstence mají vždy zinkovou a voskovou vrstvu, která je při zpracování nutná jako kluzná vrstva.

Zvláštní tvary svorníků s tvarovacím prstencem

Varianty zvláštních tvarů

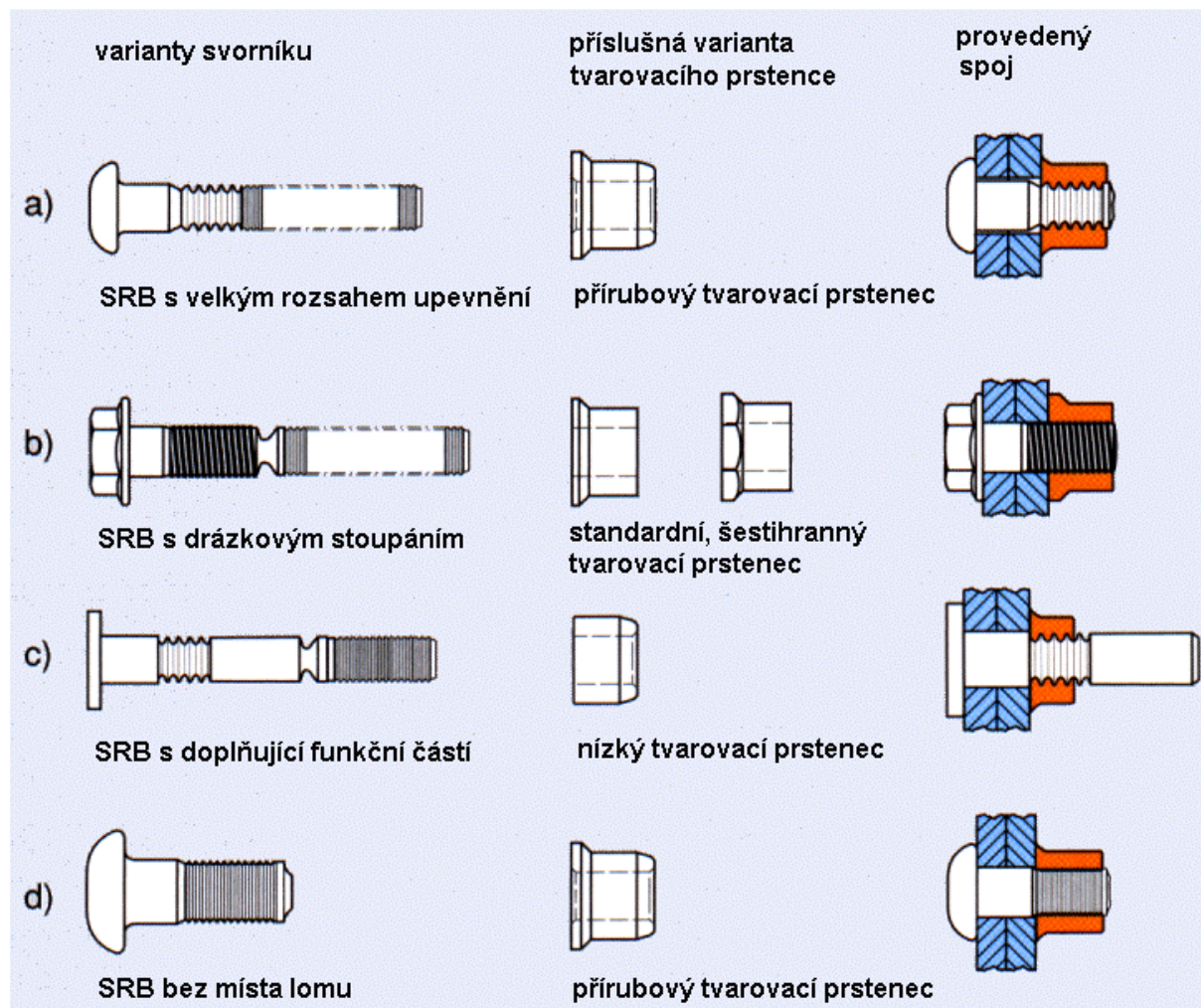
Existují četné varianty svorníků s tvarovacím prstencem, které pocházejí ze standardního svorníku s tvarovacím prstencem. Na základě čtyř vybraných zvláštních tvarů (Obr. 6) budou následně uvedeny podstatné vlastnosti a hlediska:

- Svorník s tvarovacím prstencem se zvláště širokým rozsahem sevření s variabilním místem lomu a paralelním hrubým drážkováním (Obr. 6 a).

Tento svorník s tvarovacím prstencem disponuje širokým rozsahem mechanického sevření, který se např. u průměru svorníku 8 mm pohybuje v rozsahu 3 mm až 19 mm. Odtržení funkční části nastává na horní hraně tvarovacího prstence. Tvarovací prstenec, deformovaný přídržným nástrojem stahuje svorník v oblasti drážkování.

Žádný přesah

Místo utržení tedy leží uvnitř tvarovacího prstence, takže nedochází k žádnému přesahu.



Obr. 6

Důležité zvláštní tvary svorníků s tvarovacím prstencem (SRB)

Svorníky pro široký rozsah sevření se dodávají v oceli (jakosti 5.8) a jako hliníkové slitiny s průměry od 5 mm do 15,9 mm. Na základě jejich velkého rozsahu mechanického upevnění se tyto svorníky používají relativně univerzálně.

U malého rozsahu mechanického sevření je standardní svorník s tvarovacím prstencem nákladově příznivější. Pro zpracování svorníků s tvarovacím prstencem se širokým rozsahem mechanického sevření je třeba používat vždy speciální hlavy a často i jiné nástroje. Volba svorníkových materiálů je omezena.

- *Svorník s tvarovacím prstencem s vysokou montážní pevností s místem lomu a jemným drážkováním (se stoupáním) (Obr. 6 b).*

Svorník s tvarovacím prstencem je zpravidla vyráběn z oceli jakosti 10.9, disponuje šestihrannou šroubovou hlavou a je možné jej zpracovávat jak s přírubovým tvarovacím prstencem, se šestihranem, tak i s normálním přírubovým prstencem.

Výhoda při přípravné montáži

Výhoda stoupání v tvarovací drážkové části spočívá v možnosti natáčení tvarovacího prstence na svorníku v rámci přípravné montáže. Při technologickém postupu se speciálním nástrojem tvaruje materiál uzavíracího prstence do drážkování svorníku radiálně a axiálně se ustaví. Tvarovací prstence se šestihranem povolí při působení velmi vysokého povolovacího momentu ve spojení. Svorníky s tvarovacím prstencem s vysokým předepnutím z oceli jakosti 10.9 s přírubovou hlavou a stoupáním lze montovat nehlukně.

- *Svorník s tvarovacím prstencem s paralelním jemným drážkováním, místem určeného lomu a doplňující funkční částí (Obr. 6 c).*

Vícefunkčnost

Zvláštností svorníku s tvarovacím prstencem v tomto provedení je to, že za tvarovaným uzavíracím prstencem je usazena ještě jedna část, která přebírá doplňující funkce, jako klipovací závit, resp. uchycení pružiny. Jinak jsou struktura, zpracování i materiály srovnatelné se standardním provedením svorníku s tvarovacím prstencem.

Dalším vývojem je svorník s tvarovacím prstencem, jehož dřík je přímo navařený. Tento má u mnoha aplikací výhodu v manipulaci.

- *Svorník s tvarovacím prstencem s paralelním jemným drážkováním bez místa určení lomu (Obr. 6 d).*

K dostání jsou průměry svorníků od 5 mm do 15 mm. Zohlednit je zde třeba to, že při zpracování musí být ze strany hlavy podepřeny.

Nákladově příznivé provedení

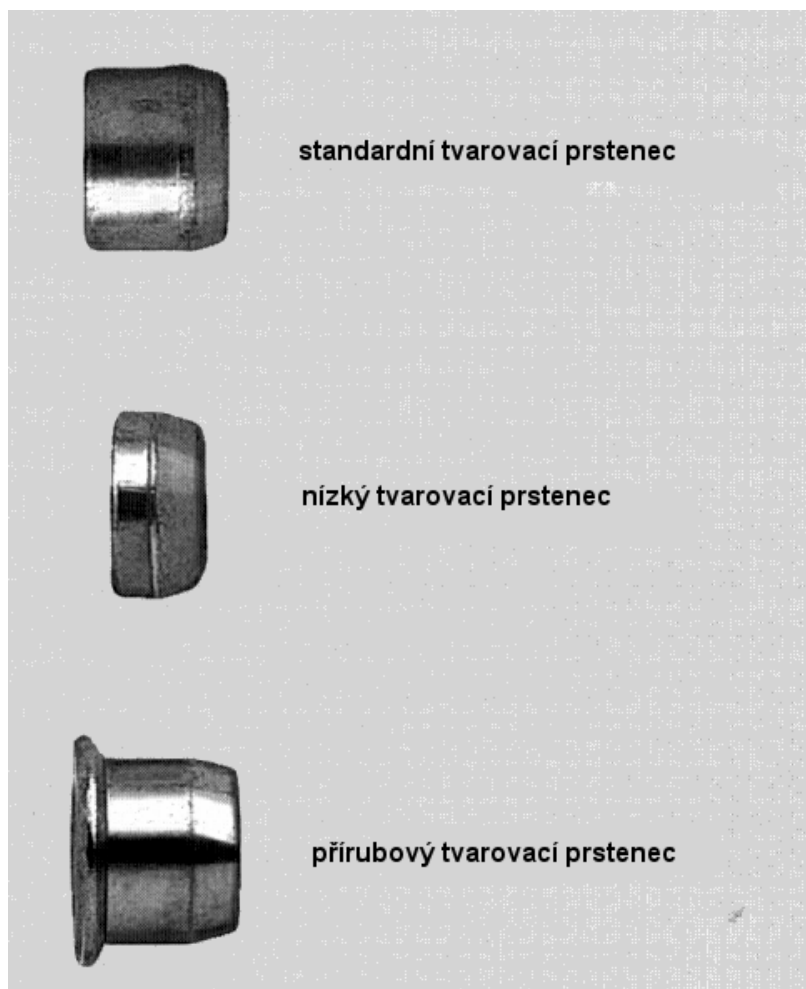
Výhoda této varianty spočívá v nákladově příznivém provedení svorníku, jednoduchém tvarovacím nástroji a v absenci lomového místa. Tak je možné u konstrukčních dílů s povrchovou vrstvou provádět hotová spojení, aniž by se musela vrstva opravovat.

Uzavírací / tvarovací prstence

Uzavírací / tvarovací prstence (Obr. 7) odpovídají svorníkům s tvarovacím prstencem a technologickému nástroji a měly by být podle možností používány společně. Přitom jsou jednotlivým variantám svorníků s tvarovacím prstencem přiřazeny různé tvary tvarovacích prstenců.

Základní tvary tvarovacích prstenců

Pro svorníky s tvarovacím prstencem s určeným místem lomu a pro svorníky s tvarovacím prstencem bez určeného místa lomu se obvykle používají základní varianty standardního tvarovacího prstence, přírubový tvarovací prsteneček a nízký tvarovací prsteneček. Dále existuje z oceli (jakosti 5.8) ještě superpřírubový tvarovací prsteneček. Pevnost ve vztahu ke smykové deformaci, tahu a předpětí je u standardních a přírubových tvarovacích prstenců stejná, pouze měrný tlak pod velkou plochou příruby přírubového prstence je menší. Takto je možné konstrukční součásti, které vykazují nižší pevnosti usadit na straně příruby.



Obr. 7
Varianty tvarovacích prstenců

Pro oblast užití, která je schválena stavebním řádem a realizuje se podle stavebního práva jsou standardní tvarovací prstence dovoleny převážně pro klidové zátěže, přírubové tvarovací prstence pro dynamické zátěže.

Plastické deformace tvarovacího prstence

Protože se materiál tvarovacího prstence plasticky deformuje, musí být jeho pevnost vždy menší než svorníku s tvarovacím prstencem. Tvářením za studena se tvářecí prstenc ještě zpevní. Přesto se však nedá tvrdost tvarovacího prstence s jakostí 8.8 srovnávat s tvrdostí šroubové matky třídy 8.

Porovnávání svorníků s tvarovacím prstencem – mechanické techniky spojování

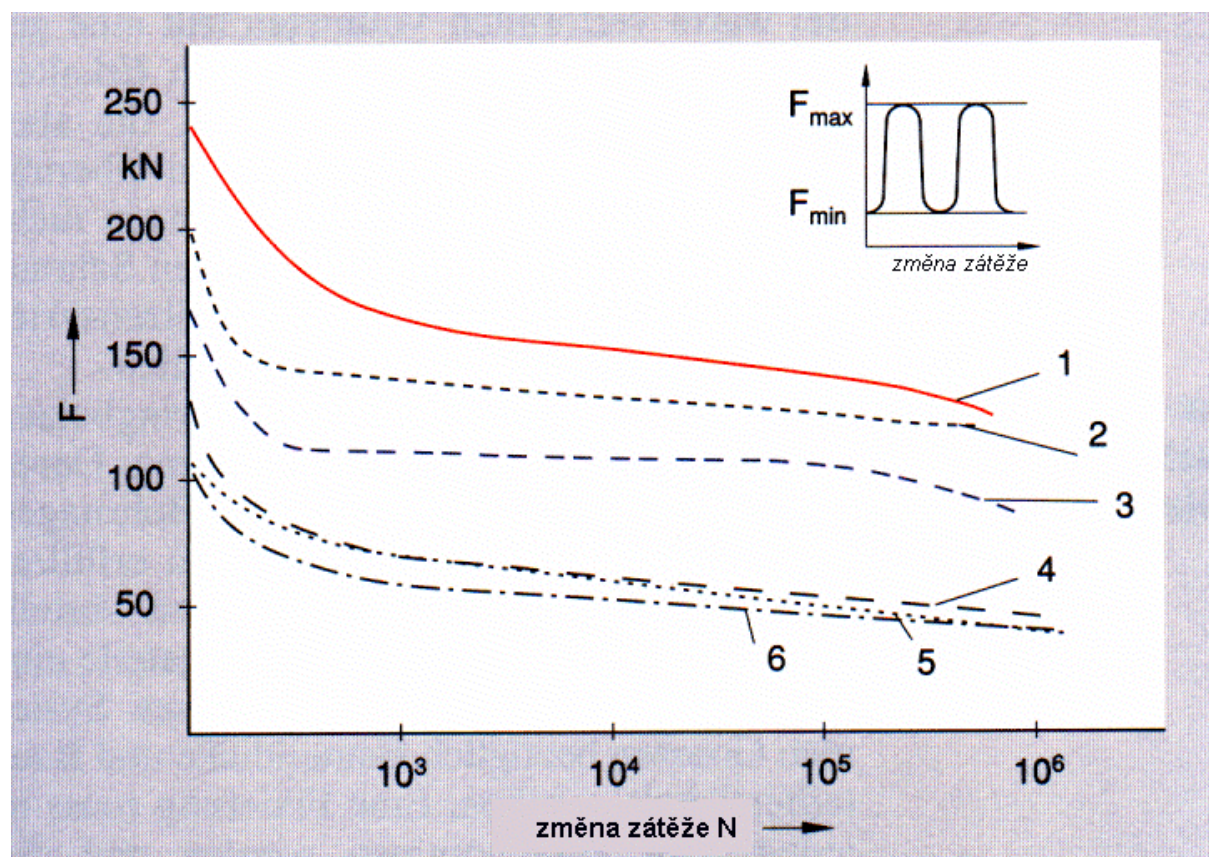
Často se konstrukce, zařízení či funkční díly konstruují nerozebíratelně, aby se vyloučilo nechtěné uvolnění, či se zabránilo vandalismu.

Tak zvaná nerozebíratelná spojení se dají dosáhnout mimo jiné nýtováním, clinchováním / dotlačováním, prorážecím nýtováním. Pokud se však má nějaké spojení častěji uvolňovat, potom nejsou takového systému vhodné. Vysokých pevností se dá dosáhnout jak u vysoce pevných svorníků s tvarovacím prstencem, tak i vysoce pevných šroubů přes předepnutí (Obr. 8). Předpokladem pro provedení spojení jsou otvory ve spojovaných konstrukčních dílech, které se musí provést před spojováním / sestavováním. Systémy, jako prorážecí nýtování jsou naproti tomu konstruovány tak, že nejprve vyrazí do spojované konstrukční součásti otvor a teprve následně se provede tvarování. Z toho důvodu musí mít nýty vysokou pevnost než vykazují konstrukční součásti. K tomu, aby je však bylo ještě možné tvářet, nesmí být pevné příliš. Proto leží meze této metody v pevnostech spojovaných součástí.

Obr. 8.:

Dynamické chování vysoce pevných předepnutých svorníků s tvarovacím prstencem, šroubů a plných nýtů

- 1 vysoce pevný předepnutý svorník s tvarovacím prstencem (průměr 15,9 mm)
- 2 šroub M16
- 3 vysoce pevný předepnutý svorník s tvarovacím prstencem, (průměr 12,7 mm)
- 4 plný nýt tvářený za tepla (průměr 16 mm)
- 5 plný nýt tvářený za studena (průměr 14 mm)
- 6 plný nýt tvářený za tepla (průměr 14 mm)



Pevnost plných nýtů, ať již tvářených za studena nebo za tepla, závisí od deformovanosti / houževnatosti jejich tvarovací hlavy. Zpravidla nemají plné nýty vysokou pevnost.

Nízké tolerance předepnutí / montážního napětí

Síly předepnutí / montážního napětí nebo spojovací síly jsou u spojení svorníky s tvarovacím prstencem vysoké a velmi konstantní. Protože tyto síly působí bez vlivu koeficientů tření a kroucení axiálně, kolísají tolerance předepnutí / montážního napětí teoreticky kolem $\pm 5\%$, v praxi pak o něco více.

Faktory, které mají vliv u vysoce pevných šroubů na předepnutí / montážní napětí, jsou velmi rozmanité. Některé metody, které tolerance předepnutí / montážního napětí redukuje prostřednictvím úsekového řízení dotahování na rozptyl $\pm 5\%$ až 12% , jsou pro hrubé užití na stavbě v mnoha případech málo vhodné. Dotahování řízením krouticího momentu s utahovákem (nastavení šroubu dotahovacím momentem) pak zase vyvolává velký rozptyl předepnutí / montážního napětí ($\pm 26\%$ až $\pm 43\%$).

U plných nýtů tvářených za tepla se vyskytuje určité předepnutí v důsledku napětí způsobeného smršťováním, které však nepostačuje pro užití předepnutí pro přenos sil u spojení v důsledku třecích sil. To je možné jen u vysoce pevných šroubů a systémů vysoce pevných svorníků s tvarovacím prstencem, jakož i podobných metod.

Výhoda a nevýhoda vrtání

Vysoce pevné šrouby a svorníky s tvarovacím prstencem potřebují otvor nebo díru. Jejich vytvoření však stojí čas a peníze. Otvory pomáhají jednoduše provést rozměrové lícovací systémy. Systémy clinchování a vyrážení mají výhodu v tom, že není potřeba do spojovaných dílů vytvářet předem žádné díry; za to jsou u těchto systémů dány meze týkající se tloušťky konstrukčních dílů a konstrukční pevnosti. Určité zafixování se však musí provádět v každém případě a konstrukční díly musí před zpracováním prostřednictvím držáků eliminovat vůle ve spojení.

Oby systémy zachycují na protistraně reakční sílu síly působící při spojování maticí, což často omezuje širší aplikačního využití.

Demontáž odříznutím

Demontáž spojovacích elementů a konstrukčních součástí je v případech šroubových spojení nejjednodušší, za předpokladu, že nejsou zrezivělá. Demontované vysoce pevnostní šrouby se však nesmí použít podruhé. Systémy vysoce pevných svorníků s tvarovacím prstencem jsou nerozebíratelné, dají se však speciálním oddělovačem / řezákem tvarovacích prstenců během sekund oddělit. Opakované použití není možné. Demontáž clinchovaných nebo nýtovaných spojení prorážením bez poškození konstrukční součásti není v současné době vyřešena. Možnost rozříznutí / oddělení spojovacího elementu však umožňuje použít náhradní element s větším průměrem než byl element původní.

Pevnostní charakteristiky

Pevnostní chování / charakteristiky spojení svorníky s tvarovacím prstencem se dá srovnat s vysoce pevnými předepnutými šrouby. Již více než před 30 lety se na Technické vysoké škole v Karlsruhe realizovaly pokusy s cílem vyzkoušet vysoce pevné systémy předepnutých svorníků s tvarovacím prstencem pro aplikaci v ocelových konstrukcích, mostních konstrukcích a při stavbě jeřábů a vytvořit pro to výpočtové podklady.

Schválení pro ocelové a mostní konstrukce a stavbu jeřábů

Výsledky šetření se zrcadlí ve „Směrnici pro spojení svorníky s tvarovacím prstencem v oblasti aplikace výškových ocelových konstrukcí s převážně klidovým zatížením“, ve které jsou od 1970 regulovány schvalovací / povolovací podmínky pro všeobecné ocelové konstrukce / stavby. Od roku 1978 existuje všeobecné schválení / povolení pro stavebního dozory nad dynamickým zatížením u ocelových konstrukcí a při stavbě jeřábů, které bylo v roce 1999 prodlouženo na dalších pět let a mezitím zahrnuje i oblast mostních staveb (viz literatura [2]).

O deset let později pak již nebylo vyloučeno používání v mostních konstrukcích / stavbách, a to na základě měření napětí hrázděné konstrukce dráhy Wuppertalské visuté lanové dráhy, neboť mohlo být prokázáno, že i po více než 460 000 změnách zatížení nebyl zjištěn měřitelný pokles předepnutí / montážního napětí.

Vědecké analýzy

32 let po prvních pokusech v Německu byl realizován první výzkumný program Institutu pro výrobní technologii University Rostock. Iniciátory jsou Evropská výzkumná společnost pro plechy (EFB), Pracovní sdružení průmyslových výzkumných společností (AiF) a ministerstvo pro výzkum. Cílem projektu je co možno nejpřesněji vyšetřit potenciál zatížení spojovacích elementů a vypracovat přesné výpočtové podklady. Samotná možnost výpočtů FEM je dnes již požadovaná a splní se v brzké budoucnosti.

Předeptnutí a tření

Předeptnutí a tření jsou pro přenos třecí síly nejdůležitější parametry. Předeptnací síla F_v je síla, která působí v dříku šroubu, resp. svorníku axiálně. U svorníku s tvarovacím prstencem se vypočítává analogicky ke šroubovým spojeníům:

Síla předeptnutí

$$F_v = 0,8 \cdot R_{p0,2} \cdot A_{sp}$$

u šroubů

$$F_v = 0,8 \cdot R_{p0,2} \cdot A_k$$

u svorníků s tvarovacím prstencem

$R_{p0,2}$ mez kluzu materiálu šroubu resp. svorníku (2% mez)

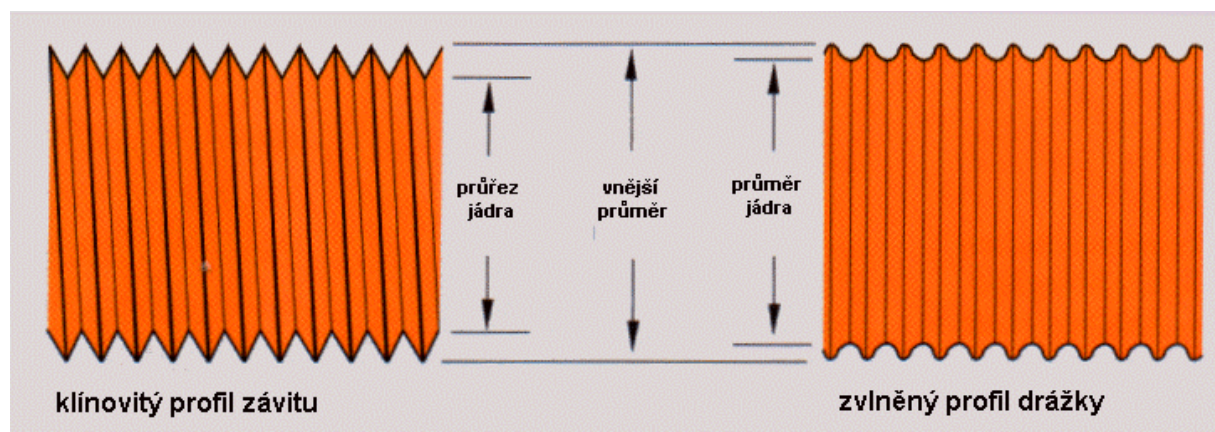
A_{sp} průřez napětí šroubu (střední hodnota mezi průměrem jádra a vnějším průměrem závitu)

A_k průřez jádra drážkované části svorníku (střední hodnota mezi průměrem jádra a vnějším průměrem)

Již zde existují rozdíly mezi šrouby a svorníky s tvarovacím prstencem v čistém průřezu, neboť tvarovací drážky vysoce pevného předeptnutého svorníku s tvarovacím prstencem nevykazují jen menší hloubku, ale i zaoblený profil bez ostrých hran (obr. 9).

Obr. 9:

Drážkování svorníku s tvarovacím prstencem a normální závit šroubu DIN v porovnání

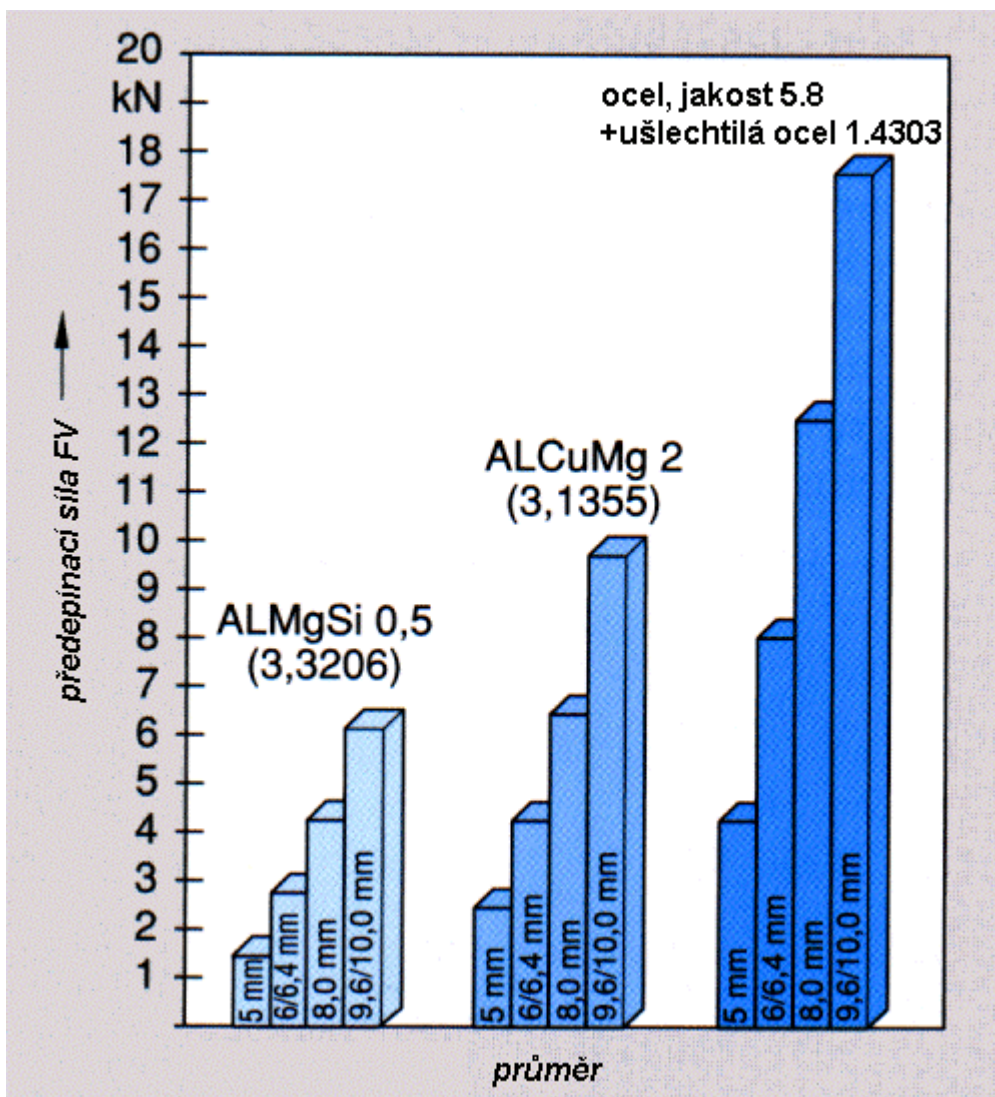


U šroubů se předepnutí / montážní napětí měří obecně vzniklým kroučícím momentem při dotahování nebo hodnotou otáčení matky proti šroubu. Mezi silou předepnutí / montážního napětí F_v a dotahovacím momentem M_A šroubu o průměru d existuje vztah

Dotahovací moment

$$M_A = \alpha \cdot d \cdot F_v$$

kde α je koeficient závislý na geometrii, tření a způsobu dotahování. Předepnutí se u svorníků s tvarovacím prstencem dosahuje nástrojem, který na přesahujícím konci svorníku vyvine sílu v tahu. Po vytvarování tvarovacího prstence do tvarovacích drážek svorníku a dosažení síly odtržení v místě určeného oddělení vznikne předepínací síla, kterou je možno vyvolat v každém spojení.



Obr. 10:

Pevnostní charakteristika svorníku s tvarovacím prstencem v závislosti na použitém materiálu a velikosti průměru

Síla předeprnutí / montážní napětí u spojení se svorníky s tvarovacím prstencem je obecně podrobena menšímu rozptylu než je tomu u vysoce pevnostních šroubů, protože je přivedena axiálně a tak není závislá na vlivech tření a kroucení / torze.

I u svorníků s tvarovacím prstencem z hliníkových materiálů mohou být předeprná síly přivedeny plánovitě.

Nižší pevnost

Avšak svorníky s tvarovacím prstencem z hliníkových slitin, jako např. AlMgSi 0,5 (minimální pevnost $R_m = 165 \text{ N/mm}^2$) nebo AlCuMg 2 $R_m = 255 \text{ N/mm}^2$) nelze srovnávat se svorníky s tvarovacím prstencem, například jakosti 5.8 (Obr. 10). Vývoj materiálu se pohybuje ve směru přivádění hliníkových slitin na trh, které mají minimální pevnost přes 800 N/mm^2 .

Přídavná únosnost při axiálním namáhání:

Dovolená přenášená síla na svorník a plochu tření F_{szul} činí

$$F_{szul} = \frac{\mu \cdot F_v}{v}$$

μ koeficient tření
 F_v předeprná síla
 v bezpečnost

Pro výpočet je třeba použít následující koeficienty tření:

předem opracované, čisté a suché kontaktní plochy
 pro ocel:

(St 37) $\mu = 0,5$
 (St 52) $\mu = 0,55$

Neošetřené / neopracované kontaktní plochy (ocel), jakož i
 kontaktní plochy pozinkované v ohni

$\mu = 0,3$

Požadavek: koeficient tření > 0

Jiné příznivé veličiny se musí prokázat pokusy. Síla předepnutí se může účinně využívat jen když je definován koeficient tření a tento se neblíží nule. U lakovaných vrstev s tloušťkou 100 µm se nedá využít síla předepnutí bez zvláštních opatření.

Přípustná síla celkového spojení F_{zul} s m smykovými ploškami (dělení) a n svorníky činí

$$F_{zul} = m \cdot n \cdot F_{szul}$$

Koeficienty bezpečnosti proti klouzání je třeba převzít z příslušné normy a závislé jsou na způsobu zatížení H nebo HZ a detekce normálního zatížení či meze únavy. (Tab. 1).

Tab. 1:

Dovolená síla přenosu na každý svorník s tvarovacím prstencem a třecí plochu

H hlavní zatížení obsahuje všechny standardní zátěže

HZ hlavní zatížení obsahuje všechny standardní zátěže a přídavná zatížení

průměr svorníku v mm	Dovolená přenášená síla (F_N na svorník a na třecí plochu)			
	St 37		St 52	
	H v kN	HZ v kN	H v kN	HZ v kN
12 (12,7*)	15,0	17,0	20,0	23,0
18 (15,9*)	28,5	32,5	38,0	43,0
18 (19*)	36,5	41,0	48,5	55,0
20 --	45,0	51,0	59,5	67,5
22 (22,2*)	55,0	63,0	73,5	83,5
24 (25,4*)	63,5	72,5	85,0	96,5
27 --	84,0	95,5	112,0	127,0

(*) Hodnoty je třeba s ohledem na únosnost přiřadit jako rovnocenné

Odchylně od výpočtu všeobecného prokázání napětí přichází v úvahu následující rozhodující hodnoty průřezů:

- *Namáhání v tahu a ohybu*
Průřezy je třeba předpokládat bez odečtu otvoru
- *Namáhání v tlaku a ohybu*
Hodnoty průřezů je třeba předpokládat bez odečtu otvoru

- **Dovolené napětí**
S výjimkou hodnot uvedených v tabulce 2 platí pro prokázání napětí dovolená napětí DIN 1050.

dovolené vypočtené pnutí vnitřního povrchu otvoru	St 37		St 52	
	H	HZ	H	HZ
σ_{Lzul} v N/cm ²	48 000	54 000	72 000	81 000

Tab. 2

Dovolené vypočtené pnutí vnitřního povrchu otvoru / otláčení pro konstrukční díly při obecném prokázání napětí

Při výpočtovém prokazování pnutí vnitřního povrchu otvoru / otláčení σ_L je možné třecí sílu zanedbat, přičemž

$$\sigma_L = \frac{F_N}{d \cdot t}$$

F_N podíl síly připadající na svorník s tvarovacím prstencem

d průměr svorníku s tvarovacím prstencem

t nejmenší součet tloušťek plechu se stejně orientovaným pnutím vnitřního povrchu otvoru

Jako dovolené pnutí vnitřního povrchu otvoru platí hodnoty tabulky 2.

Spojení se svorníky s tvarovacím prstencem smí být dodatečně ke stávající síle předeptnutí zatěžovány tahovou silou ve směru osy svorníku. Tato dodatečná axiální síla F_{zvorh} nesmí překročit v jednotlivém svorníku hodnotu F_{zzul} uvedenou v tabulce 3.

Tab. 3:

Dovolená dodatečná axiální tahová síla na svorník s tvarovacím prstencem

průměr svorníku v mm	12 (12,7*)	16 (15,9*)	18 (19,0*)	20	22 (22,2*)	24 (25,4*)	27
dovolená dodatečná axiální tahová síla F_{zzul} v kN	28,5	53,5	70	85	105,5	120	155
(*) Hodnoty je třeba s ohledem na únosnost přiřadit jako rovnocenné							

Dovolené třecí síly pro přenos F_N kolmo k ose svorníku vycházejí s F_{Nzul} v tomto případě podle tabulky 1:

$$F_N = F_{Nzul} \frac{(1,0 - 0,6) F_{vvorh}}{F_{zzul}}$$

U hodnot 1,0 a 0,6 se jedná o bezpečnostní koeficienty, které jsou převzaty z DIN 18 800.

Působení třecích spojení vysoce pevných šroubových spojení je známo. K tomu předepsané metody, norma a předpisy se musí dodržet. Svorníky s tvarovacím prstencem lze použít jako hrubé šrouby nebo lícované šrouby v souladu s DIN 1050, odstavec 7.2 a 7.3. Pro stav dotykových ploch je třeba respektovat DIN 1000, odstavec 2,51, stejně jako dovolená smyková namáhání pro stříh T_{azul} (tab. 4). Při výpočtu dovoleného vnitřního povrchu otvoru / otláčení σ_{Lzul} platí průřezy dříku jako rozhodující průřezy svorníku (tab. 5).

Tab. 4

Dovolená napětí pro stříh svorníku s tvarovacím prstencem

dovolené vypočtené smykové napětí pro stříh	vysoce pevné svorníky		lícované svorníky	
	H	HZ	H	HZ
T_{azul} v N/cm ²	20 000	22 000	22 000	25 000

Dovolené pnutí vnitřního povrchu otvoru / otláčení	vysoce pevné svorníky				lícované svorníky			
	St 37		St 52		St 37		St 52	
	H	HZ	H	HZ	H	HZ	H	HZ
σ_{Lzul} v N/cm ²	42 000	47 500	63 000	71 000	45 000	51 000	67 500	76 500

Tab. 5 :

Dovolené pnutí vnitřního povrchu otvoru / otláčení

Všeobecné prokázání napětí pro konstrukční díly je třeba provést podle DIN 1050, odstavec 4.2.

Kontrola usazeného svorníku s tvarovacím prstencem

Po procesu usazení nemusí být systémy svorníků s tvarovacím prstencem zpravidla zvlášť kontrolovány. Postačí vizuální kontrola.

Zkušební předpisy vztažené k aplikaci

U vysoce pevných předepnutých svorníků s tvarovacím prstencem, které se používají v oblastech ocelových a mostních konstrukcí a při stavbě jeřábů musí být nejméně 20% všech spojení kontrolováno měrkou na řádné usazení. Každé spojení se svorníkem, jehož uzavírací prstenec nedosáhl stanoveného tvaru je třeba nahradit. V takovém případě je třeba překontrolovat dva další svorníky v bezprostředním okolí. Veškeré požadavky, které se týkají systémů svorníků s tvarovacím prstencem v oblastech ocelových a mostních konstrukcí a při stavbě jeřábů je třeba převzít z „Všeobecného schválení stavebním dozorem č. Z-14.4-25“ [2], vydaného Německým institutem pro stavební techniku dne 8.06. 1999. Tento obsahuje rovněž dovolené předepínací síly vysoce pevných předepjatých svorníků s tvarovacím prstencem.

Tabulka 6 ukazuje minimální předepínací síly garantované výrobcem, ležící nad dovolenými předepínacími silami Německého institutu pro stavební / konstrukční techniku.

Tab. 6:

Předepínací síly u vysoce pevných předepjatých svorníků s tvarovacím prstencem z oceli jakosti 8.8

jmenovitý průměr svorníku v mm	předepínací síla F_v v kN podle schválení Z-14.4-25 (8.6.99)	minimální předepínací síla F_v v kN garantovaná výrobcem	minimální předepínací síla F_v v kN zjištěná při praktických pokusech
12,7	47	53,5	62,7
12,7	89	85,6	100,0
12,7	115	126,3	143,0
12,7	173	174,6	201,0
12,7	199	229,1	264,0

* minimální předepínací síla podle normy ASTM – A 325

Dynamické chování svorníků s tvarovacím prstencem při zatížení

Vlastnosti spojení svorníky s tvarovacím prstencem, jako je nerozebíratelnost, vysoké konstantní předeprnutí a vysoké síly v tahu a stříhu poskytují vysoce pevná předeprnatá spojení. Tato se výborně hodí pro vzájemné spojování konstrukčních dílů, které musí přenášet vysoké namáhání vibracemi, resp. chvěním. Proto se svorníky s tvarovacím prstencem používají již léta pro spojování vysoce dynamicky namáhaných konstrukčních dílů.

Využití předeprnutí až do 95%

Pokud se při zpracovávání svorníků s tvarovacím prstencem mezera při spojení konstrukčních dílů eliminuje sama a tím se část pohybu při spojení celkového spojení eliminuje, lze předeprnutí využít až na cca 95%. Pokud není dále spojení při spojování zatíženo krutem a tím nevykazuje žádný vnitřní uvolňovací kroutící moment, je samovolnění – bez přetížení spojení – vyloučeno.

Vhodné pro dynamické zátěže

Na základě těchto vlastností se systémy svorníků s tvarovacím prstencem používají již desetiletí v konstrukci letadel a tam, kde musí spojovací elementy odolávat vysokému dynamickému zatížení. Při pokusech se chvěním se ukázalo, že u druhů zatížení v dané oblasti obvyklých neselhaly svorníky s tvarovacím prstencem, ale vzorek samotný. Pokusy Německé železnice neprokázaly po dvou milionech změn zátěže žádný pokles předeprnutí.

Vliv výroby na nosnost a životnost

Zmenšení tolerance díry

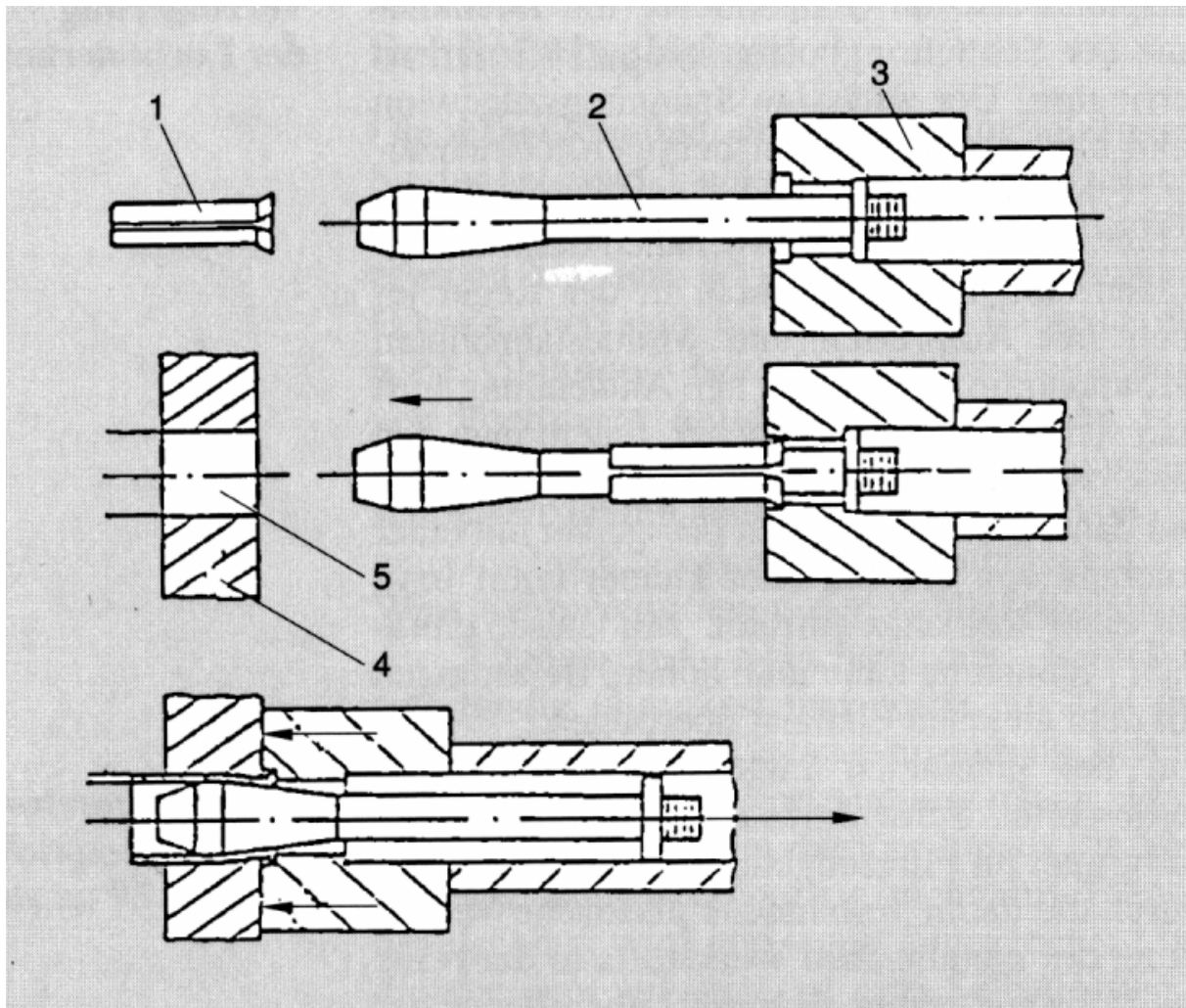
K tomu, aby bylo možné zvýšit dovolenou pevnost ve stříhu vysoce pevného předepjatého spojení beze změny konstrukce, se například nabízí v oblasti ocelových konstrukcí redukce tolerance díry svorníku s tvarovacím prstencem až na 0,3 mm. Dovolенý přírůstek napětí může činit až deset procent. Současně se zvyšuje i dovolené pnutí vnitřního povrchu otvoru / otláčení. Přesné / lícované svorníky s tvarovacím prstencem jsou sice k dostání, zpravidla jsou však doprovázené cenovou přírůžkou a minimálním odebíraným množstvím. V praktické aplikaci si lze častěji pomoci tím, že se změní efektivní průměr dříku svorníku a potom se vyvrtají či upraví výstružníky přesné otvory s tolerancí 0,3 mm či menší. Tímto jednoduchým opatřením se dají přenášet vyšší zátěže stejným elementem.

Aby bylo možné docílit u vhodných spojení zlepšenou pevnost při vibracích, tak se při konstrukci letadel otvory razí. V důsledku s tím spojené plastické deformace metalického materiálu v blízkosti otvoru se zvyšuje životnost spojení.

Ražení nýtovacích otvorů

Známou technologií je metoda drážkovaného pouzdra, u níž je protlačovací trn axiálně tažen s drážkovaným pouzdrém tak, aby se utěsnila stěna otvoru konstrukční součásti a vytvořilo se tangenciální tahové napětí (Obr. 11). Stejného efektu se dá docílit, když se každý svorník s tvarovacím prstencem opatří kalibrační jednotkou (kulové zesílení), která je umístěná před uzavírací drážkovací částí. Tangenciální napětí v blízkosti otvoru v konstrukčním dílu je o to větší, čím větší je stupeň protažení. Elastické deformace se dají zjistit optickými metodami měření napětí.

Lícovaná spojení nebo protahované /roztahované otvory trnem ve stavbě letadel mohou zlepšit fyzikální vlastnosti, aniž by se musela měnit konstrukce či rozměry. V průmyslové aplikaci jsou však tyto metody většinou příliš drahé.



Obr. 11:

Protahování / roztahování trnem u metod svorníku s tvarovacím prstencem

- 1 drážkované pouzdro
- 2 trn
- 3 tažná pistole
- 4 konstrukční díl
- 5 otvor protahovaný trnem

Rovněž kombinovaným použitím různých spojovacích systémů se dosáhlo pozitivních zkušeností. Výhody a nevýhody lepených spojů jsou dostatečně popsány. Lepené spoje mají výhodu v tom, že vykazují dobrou těsnost a odolnost vůči korozi a zaručují rovnoměrný přenos plošně rozložených sil. Jako nedostatek se ukázaly doby vytvrzování a citlivost na odlupování.

Společným působením nýtovaných a lepených spojení se dají vymezit mnohé nevýhody. Předpokladem je, že se při smíšeném způsobu spojování musí konstrukčně myslet na vlastnosti obou spojovaných elementů.

K tomu, aby bylo možné vytvořit definovanou vrstvu lepení, musí být přesně známé vzdálenosti při přesných rozměrech. Svorník s tvarovacím prstencem by jinak čerstvé lepidlo při spojování mohl zredukovat na tloušťku vrstvy blížíící se 0 mm.

Delší životnost

Kombinace obou metod spojování poskytuje v praxi delší životnost než by vycházelo čistě početně ze spojení obou jednotlivých hodnot.

Samovolné povolení spojení

Spojení, které se nechtěně samovolně povolí, nepředstavuje jen ztrátu spojovacího elementu, ale i to, že zbývající spojovací elementy musí převzít dodatečně úlohu elementu chybějícího. Pokud mohou být působící síly rozloženy na více existujících spojovacích elementů, je celková bezpečnost po ztrátě jednoho elementu sice redukována, nepředstavuje však zásadní poškození.

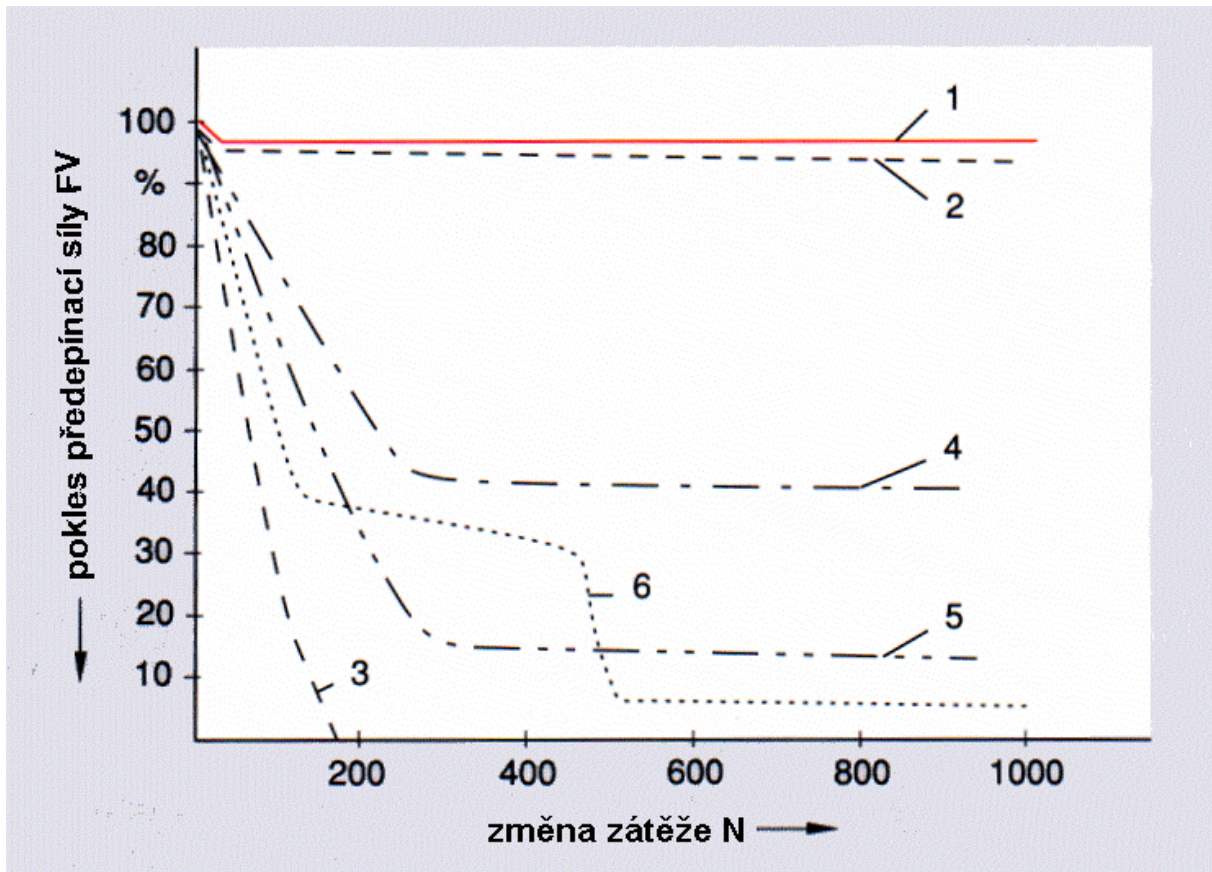
Nebezpečí / riziko v důsledku samovolného povolení

Jinak však situace vypadá, když existují pouze dva spojovací elementy a jeden z nich v důsledku samovolného povolení vypadne. V takovém případě musí zbývající element nést celou zátěž sám. Zvláště u vysoce pevných předepnutých spojení se problematika prohlubuje, protože kladné vlastnosti definovaného předepnutí byly při výpočtu spojení zohledňovány.

Zohlednění vlivových faktorů

Je sice známé, že vlivové elementy, jako oddělovací spáry, faktory tření, teplotní nárůsty a doby vytvrzování hrají podstatnou roli na bezpečnost spojení, avšak praxe ukazuje, že tyto faktory nejsou vždy dostatečně zohledňovány.

Povolení a uvolnění se u šroubových spojení projeví ve zbývající síle sevření (předepnutí) a na trvanlivosti šroubového spojení. Základní pravidlo podle Strelowa zní: „Když se konstrukčními či jinými opatřeními (např. tvarováním nebo vysokou předepínací silou) nedá zabránit tomu, že dojde k relativnímu pohybu, musí se použít bezpečnostní elementy, které jsou schopné zachytit vyskytující se vnitřní moment povolení“ [12].



Obr. 12:

Uvolňovací křivky šroubových spojů a spojů se svorníkem s tvarovacím prstencem

- 1 Svorník s tvarovacím prstencem (bez pojistného elementu)
- 2 Mikrozapouzdřený válcový šroub (teplota max. 180°C)
- 3 Vyklenutá pružná podložka (DIN 128 B)
- 4 Celokovová pojistná matice
- 5 Pojistná matice z polyamidovou podložkou
- 6 Pojistný plech (jednostranný)

Systemy se svorníky s tvarovacím prstencem nepotřebují oproti šroubovým spojení ani pojistné elementy ani podložky. Paralelními drážkami svorníku s tvarovacím prstencem je vyloučeno samovolné uvolnění, kroucením vyvolané vnitřní momenty vedoucí k povolání se nevyskytují. Usazování / tváření spoje se redukuje již při vytváření spojení se svorníkem s tvarovacím prstencem. Dělicí spáry v běžných velikostech se eliminují již při sesazování.

Obrázek 12 ukazuje zjednodušené zobrazení křivek uvolňování spojení provedených šrouby a svorníky s tvarovacím prstencem, jejichž měření vychází ze zkušebny šroubů Junker.

Vrstvová úprava povrchu u svorníků s tvarovacím prstencem

Vrstvová úprava povrchu u spojovacích elementů má zejména hlavní úkol v ochraně před korozí. Dodatečně lze různým barevným provedením provedených povrchových vrstev docílit i optického odlišení podobných součástí. Tak se dají barevně navzájem odlišit tvarovací prstence se stejnou geometrií, ale různou tvrdostí. Rovněž u designu konstrukce může být barevná struktura spojovacích elementů účelná.

V místě lomu bez ochranné vrstvy

U svorníků s tvarovacím prstencem z oceli s určeným místem lomu je třeba dbát na to, aby místo lomu nevykazovalo při spojování žádnou ochrannou vrstvu. To má význam tam, kde je pro spojení požadována zvláštní antikorozní ochrana.

Požadavky na antikorozní ochranu jsou s ohledem na celkovou konstrukci, tj. pro konstrukční díly a spojovací elementy určeny v technických specifikacích. Protože svorníky s tvarovacím prstencem mohou spojovat různé konstrukční materiály, je třeba zohlednit výskyt kontaktní koroze mezi konstrukčními díly z různých materiálů. Pokud se barevná vrstva nanáší na dokončený / zpracovaný spojovací element a na konstrukční součásti, vyskytuje se zde často požadovaná antikorozní ochrana. V takových případech se musí prověřit, zda spojovací elementy zaručují příslušnou přilnavost lakované vrstvy.

Pasivátory a fosfátování

Svorníky s tvarovacím prstencem až do průměru do 10 mm jsou v normálních případech opatřeny 8 μm silnou vrstvou pozinkování a průzračně pasivovány (průzračné chromátování). Protože pozinkované díly obvykle neposkytují žádný zvláštní podklad pro přilnutí, provádí se u pozinkovaných svorníků s tvarovacím prstencem dodatečně fosfátování, aby bylo dosaženo požadované přilnavosti. Pasivování se provádí ponořováním do chromátovacího roztoku. Tímto se nanáší průzračné nebo žluté chromátování, která provede utěsnění povrchu a tím zvyšuje antikorozi ochranu.

Nová zákonná ustanovení například ze Švédska požadují, aby se všechna chromátování na bázi podílů Cr_6 v blízké budoucnosti přestala realizovat. Tímto by bylo postiženo žluté chromátování.

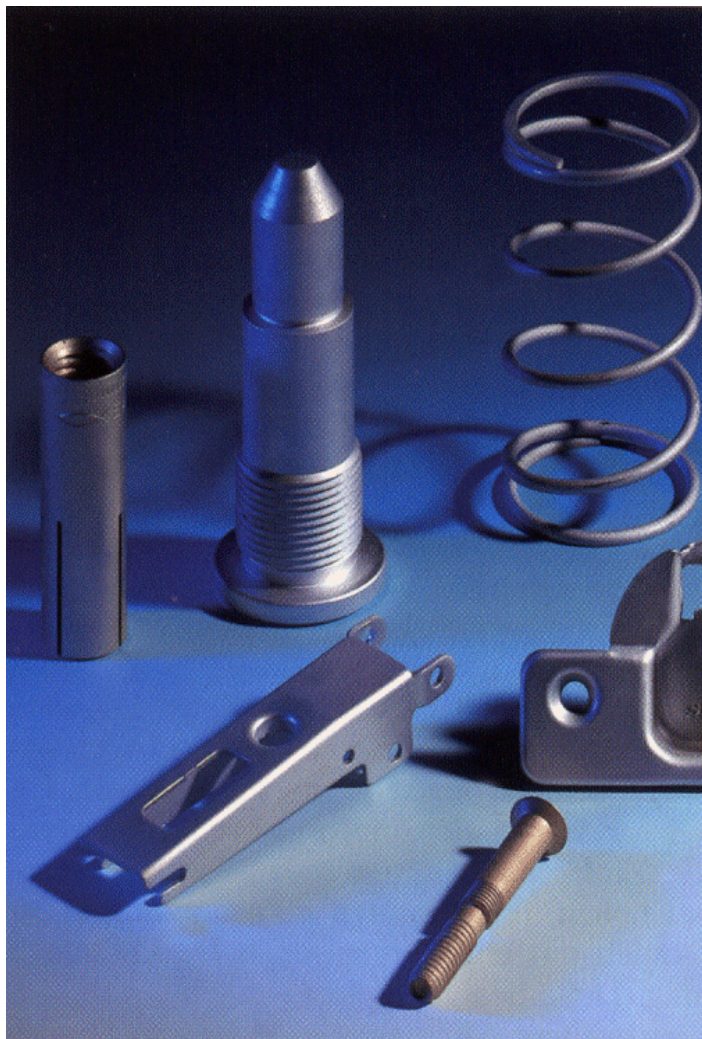
Vývoj vrstev bez Cr_6

Proto dnes v Německu existují snahy vyvinout provádění povrchových vrstev prostých Cr_6 , jako „DeltaColl“. Jiné vrstva jako Delta-Tone / Delta-Seal již dnes nabízejí velmi dobré alternativy. Přitom se jedná o organické základní povrchy, které obsahují zinkové a hliníkové lamely, které se při vysokých teplotách vypalují a následně opatřují organickou krycí vrstvou (Delta-Seal).

Další alternativou jsou vrstvy provedené z metalických povrchových potahů s rozptýlenými zinkovými a hliníkovými lamelami, které se vypalují při 300°C . Přitom dochází k chemické reakci mezi provedenou vrstvou a kovovým povrchem.

Vrstvy z galvanovaného hliníku

Metoda, která se používá již roky u svorníků s tvarovacím prstencem představuje provedení vrstvy z galvanovaného hliníku, který se může nanést přímo na kovy, např. ocel, ušlechtilou ocel či hliník (Obr. 13). Provedení těchto vrstev vychází z vylučování hliníku působením elektrického proudu v bezvodém roztoku obsahujícím hliníkové soli. Dalšími používanými metodami je zinkování plamenem, katodické ponorné lakování (KTL) a pozinkování.



*Obr. 13:
Svorníky s tvarovacím prstencem a další součásti s provedenou vrstvou galvanickým hliníkem*

Zejména nové technologie provádění povrchových vrstev je třeba projednat se specialisty na výrobu spojovacích elementů a odborníkem pro povrchové vrstvy a takové pak vyzkoušet. Obecně je třeba u svorníků s tvarovacím prstencem dbát na to, aby malé, úzce koncipované tvarovací drážky nebyly příliš vyplněné materiálem ochranné povrchové vrstvy.

Vysoce pevné předepnuté svorníky s tvarovacím prstencem od velikosti průměrů 12 mm se obvykle dodávají „surové“, to znamená bez ochranné antikorozi vrstvy. Na přání zákazníka však mohou být opatřeny i pozinkovaným či jinak připraveným povrchem.

Menší pevnost v tahu a předeptnutí

Je třeba však zohlednit, že např. pozinkované, pasívované, vysoce pevné předeptnuté svorníky s tvarovacím prstencem vykazují nižší pevnost v tahu a nižší předeptnutí. Konzultace s odborníkem na provádění spojení, praktické zkoušky či zkušební atesty mohou uživateli poskytnout potřebné vysvětlení / jasno.

Žádné problémy s korozi

U novějších svorníků s tvarovacím prstencem bez stanoveného místa lomu, u nichž dochází pouze k deformaci uzavíracího prstence je možné problémům s korozi hodně zabránit. Dokud nedojde k poškození vrstvy mezi svorníkem s tvarovacím prstencem a tvarovacím prstencem a konstrukčními díly a izolační funkce bude zachována, nemůže k žádné korozi dojít.

Montáž

Pokud budeme sledovat celkové náklady spojovacího elementu, pak bude zřejmé, že montáž představuje vysoký nákladový koeficient. Montážní náklady se skládají z přípravy montáže, doby na zpracování, nákladů na zpracovatele a nákladů na kontrolu celého spojení.

Porovnání nákladů pro plný nýt - svorník s tvarovacím prstencem

Porovnání provedené mezi plným nýtem o např. průměru 20 mm, zaráženým za tepla a svorníkem s tvarovacím prstencem je docela dobře možné. Plné nýty o průměru 20 mm jsou relativně cenově výhodné, mohou je však zpracovávat pouze odpovídající odborníci. Zpravidla jsou zpracováním plného nýtu i dnes ještě zaměstnány čtyři osoby. Potřebují na to zhruba jednu minutu.

Cena za 100 kusů plných nýtů (průměr 20 mm, délka 40 mm)	90,00 DM
Doba zpracování: 4 osoby a 100 x 1 min (hodinová sazba 60,00 DM)	400,00 DM
Přípravné práce: vystředění, přídržné šrouby usazení, 90 minut	90,00 DM
Kontrolní práce: prověření po vychladnutí, zvuková zkouška, 45 minut	45,00 DM

	625,00 DM

Celkové náklady na jeden nýt tedy činí 6,25 DM. Tento nýt vykazuje střední pevnost a nepatrné předepnutí, které vychází ze smršťovacího napětí během chladnutí.

V porovnání: svorník s tvarovacím prstencem o stejném průměru 20 mm pro stejnou oblast spojení. Zde jsou pro zpracování potřebné pouze dvě osoby. Sestavení – usazení trvá deset sekund.

Cena za 100 kusů svorník s tvarovacím prstencem plných nýtů + uzavírací prstence (8.8)	270,00 DM
Doba zpracování: 2 osoby a 100 x 10 sek. (hodinová sazba 60,00 DM)	33,33 DM
Přípravné práce: schéma otvorů, protažení trnem, 10 min	10,00 DM
Kontrolní práce: prověření měrkou go-no-go (každý 20. spoj) 5 x 0,5 min	2,50 DM

	315,83 DM

Celkové náklady na jeden svorník s tvarovacím prstencem tedy činí 3,15 DM. Tento spoj se svorníkem s tvarovacím prstencem z oceli má v porovnání k plnému nýtu asi o 30% až 50% vyšší pevnost v tahu a ve stříhu, jakož i nejméně o 50% vyšší sílu předeprnutí.

Nízké celkové náklady

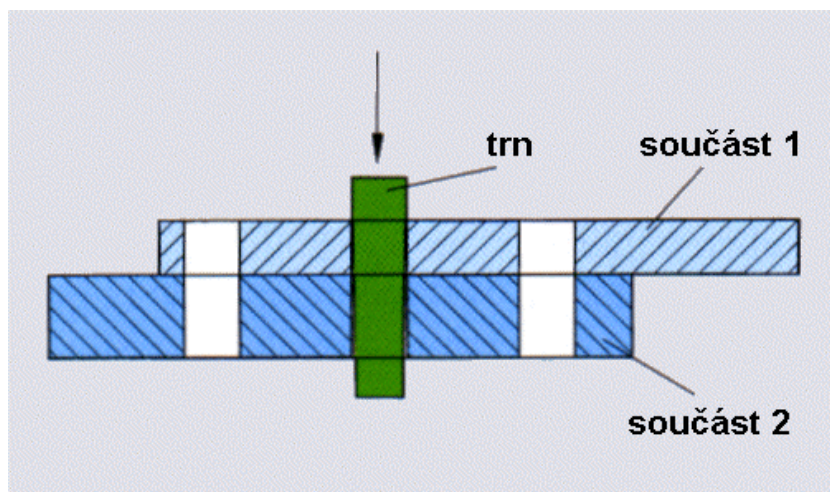
Ačkoliv jsou výrobní náklady svorníku s tvarovacím prstencem třikrát vyšší než u plného nýtu, klesají celkové náklady pro svorník s tvarovacím prstencem asi na 50%. K cenové výhodnosti přibývá ještě vysoká pevnost svorníku s tvarovacím prstencem a jednoduché zpracování, které nevyžaduje žádné drahé specialisty.

Příprava konstrukčních dílů

Pro spojení konstrukčních dílů se svorníky s tvarovacím prstencem musí být konstrukční díly opatřeny otvorem vyrobeným buď vrtáním, vyražením nebo vyříznutím laserem.

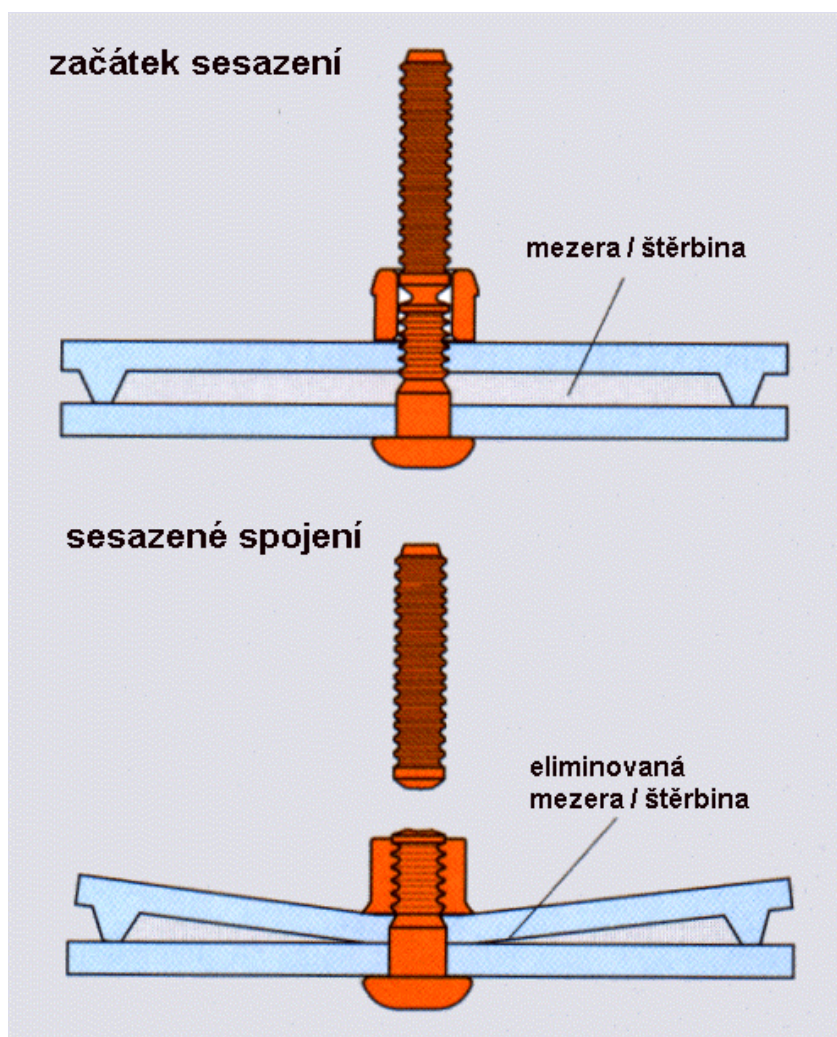
Různé druhy výroby děr

Jakým způsobem se má díra vyrobít, závisí na tom, jaké jsou kladené požadavky na spojení. Větší náročnost při výrobě musí být kompenzována požadovanou funkčností. Díra jako bod upevnění usnadňuje montáž a dosažení rozměrového přesného systému. Časově náročné přípravné práce mohou odpadnout, protože u systému se svorníky s tvarovacím prstencem se musí provést jen protažení trnem, aby se zabránilo přesahům děr (Obr. 14).



Obr. 14:
Fixování schématu děr zavedením trnu.

Nejparné spáry / štěrby může systém svorníku s tvarovacím prstencem eliminovat sám, přidržovací šrouby jsou většinou zbytečné (Obr. 15).



Obr. 15:
Eliminace mezer / štěrbin při spojování během procesu zpracování

Předmontáž možná

Se systémem svorníků s tvarovacím prstencem je možná i předmontáž tím, že se tvarovací prsteneček jenom natvaruje a celý proces zpracování se provede následně. Pro takovéto předběžné montáže je možné změnit nástroje. Tahové hlavy pro předběžnou montáž musí být samovolňující.

Výroba spojovacích děr

V rozsahu průměrů mezi 5 mm a 10 mm, který je kryt komerčními svorníky s tvarovacím prstencem, musí spojovací otvory vykazovat toleranci 0,2 mm.

Odstranění otřepu konstrukčních dílů

Mezi konstrukčními součástmi se nesmí vyskytovat žádný otřep, protože by se při dynamickém namáhání projevil negativně jako vrub.

Konstrukční díly vyvrtávat či vysekávat bez otřepu

Proto se konstrukční díly musí vyvrtávat či vysekávat bez otřepu. K tomu je třeba používat vrtáky s přesnou geometrií – korespondující s vrtaným materiálem. Rovněž tak důležité je správné nastavení počtu otáček vrtačky. Pokud by přesto mělo dojít ke vzniku otřepu, musí být tento z ploch odstraněn.

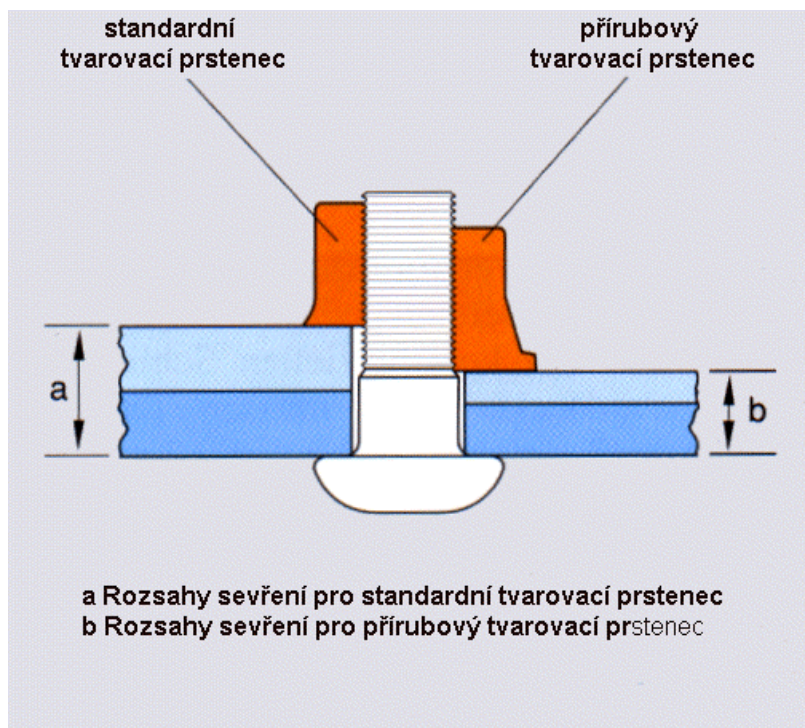
Není dobré odstraňovat otřep skládaným vrtákem, protože se tím zmenšuje nosný průřez.

Volba rozsahu sevření

Je třeba dbát na dodržení rozsahu sevření. Každý svorník s tvarovacím prstencem má rozsah tvarovacích drážek, ve kterém se tvaruje tvarovací prsteneček (Obr. 16).

Tvarování pouze v rozsahu tvarovacích drážek

Je třeba bezpodmínečně zabránit tvarování uzavíracího / tvarovacího prstence na hladkém dřívku svorníku, protože se tímto způsobem nemůže trvale přenášet žádná síla tahu či síla předepínací.

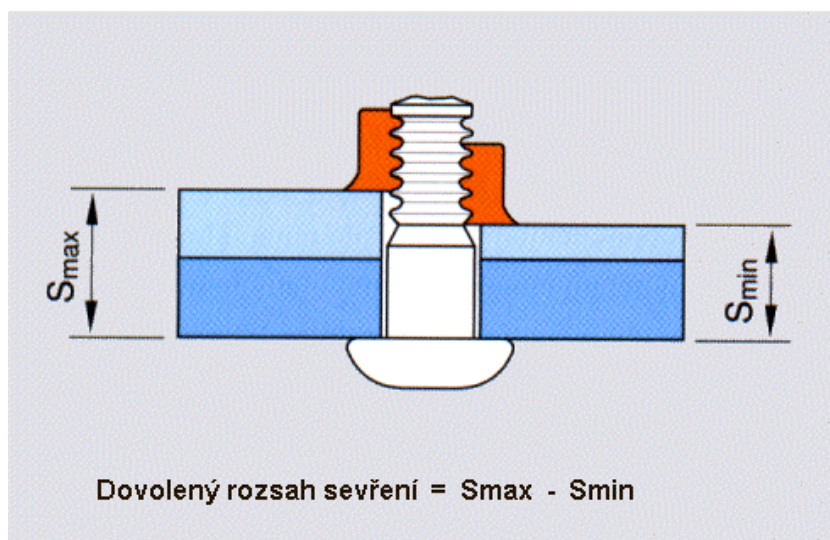


Obr. 16:

Rozsahy sevření pro standardní a přírubový tvarovací prsteneč

Dovolený rozsah sevření spojení provedeného se svorníkem s tvarovacím prstencem vychází z rozdílu maximální a minimální tloušťky sevření, přičemž minimální tloušťka sevření odpovídá délce hladkého dřívku svorníku, největší délka kompletnímu svorníku (hladký dřívík a tvarovací drážky, bez tažné části) (Obr. 17). Maximální a minimální rozsah sevření se může přeměřit dotykovým měřidlem.

Pro specifické aplikace se může vyrábět i svorník s tvarovacím prstencem pro zvětšený, resp. zmenšený rozsah sevření.



Obr. 17

Definice rozsahu sevření

S_{max} - největší tloušťka sevření

S_{min} - nejmenší tloušťka sevření

Postup zpracování

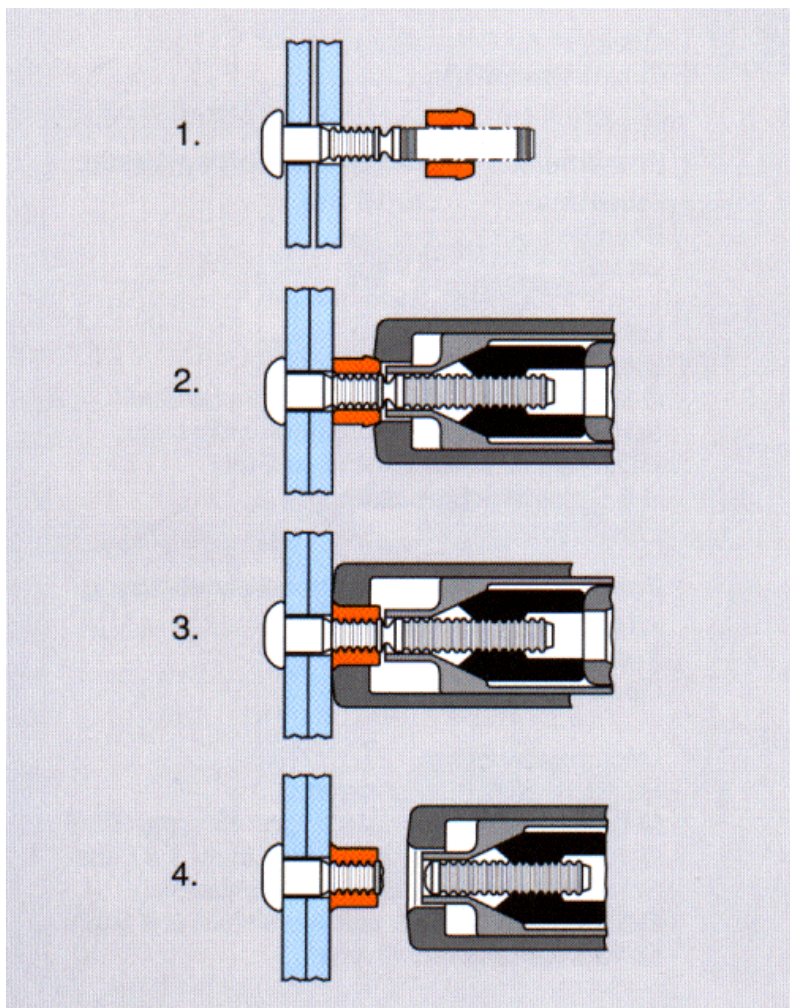
Svorníky s tvarovacím prstencem se dají zpracovávat relativně jednoduše a rychle. Způsob zpracování, v branži označovaný jako sesazování, se provádí poloautomaticky za pomoci nástroje. Konstrukční díly musí být z obou stran přístupné pro zavedení svorníku jakož i nasazení uzavíracího prstence.

Tři způsoby sesazování

V podstatě existují tři různé způsoby k tomu, aby se tvarovací prstec vytvaroval resp. uzavřel v drážkování svorníku.

Sesazení standardního svorníku s tvarovacím prstencem

Sesazování svorníku s tvarovacím prstencem se provádí podle stanoveného zadaného schématu (Obr. 18):



Obr. 18:

Jednotlivé kroky sesazování standardního svorníku s tvarovacím prstencem

Postup při sesazování

1. Zavést svorník do průchozího otvoru a nasadit uzavírací / tvarovací prstenec.
2. Přes konec svorníku nasunout sesazovací nástroj. Svěrné čelisti uchopí drážkovanou tažnou část. Pouzdro tažné hlavy se přitlačí centrovane a spojované díly se pevně spojí.
3. Po co možno největším přítlačném tlaku dochází ke tváření tvarovacího prstence do drážek části svorníku za studena. Působení síly narůstá plánovitě, až se dokončí tvarování tvarovacího prstence.
4. Za přetrvávající axiální zátěže dochází k odtržení na místě určeném k lomu. Tažná hlava se uvolňuje od tvarovacího prstence.

Obr. 19:

Sesazovací nástroje pro svorníky s tvarovacím prstencem



Ruční sesazovací nástroj

Vhodný pro opravy s kusové zpracování

Pneumaticko-hydraulický sesazovací nástroj

pracovní zdvih: cca 16 mm
 provozní tlak: 6 – 7 bar
 hmotnost: 1,9 kg

Standardní svorník s tvarovacím prstencem
 Ø 5,6 / 6,0 / 6,5 mm z hliníku a oceli
 Svorník s tvarovacím prstencem pro velký rozsah sevření:
 Ø 5,0 mm z hliníku a oceli
 Ø 6,5 mm z hliníku

Pneumaticko-hydraulický sesazovací nástroj

pracovní zdvih: cca 16 mm
 provozní tlak: 6 – 7 bar
 hmotnost: 4,2 kg

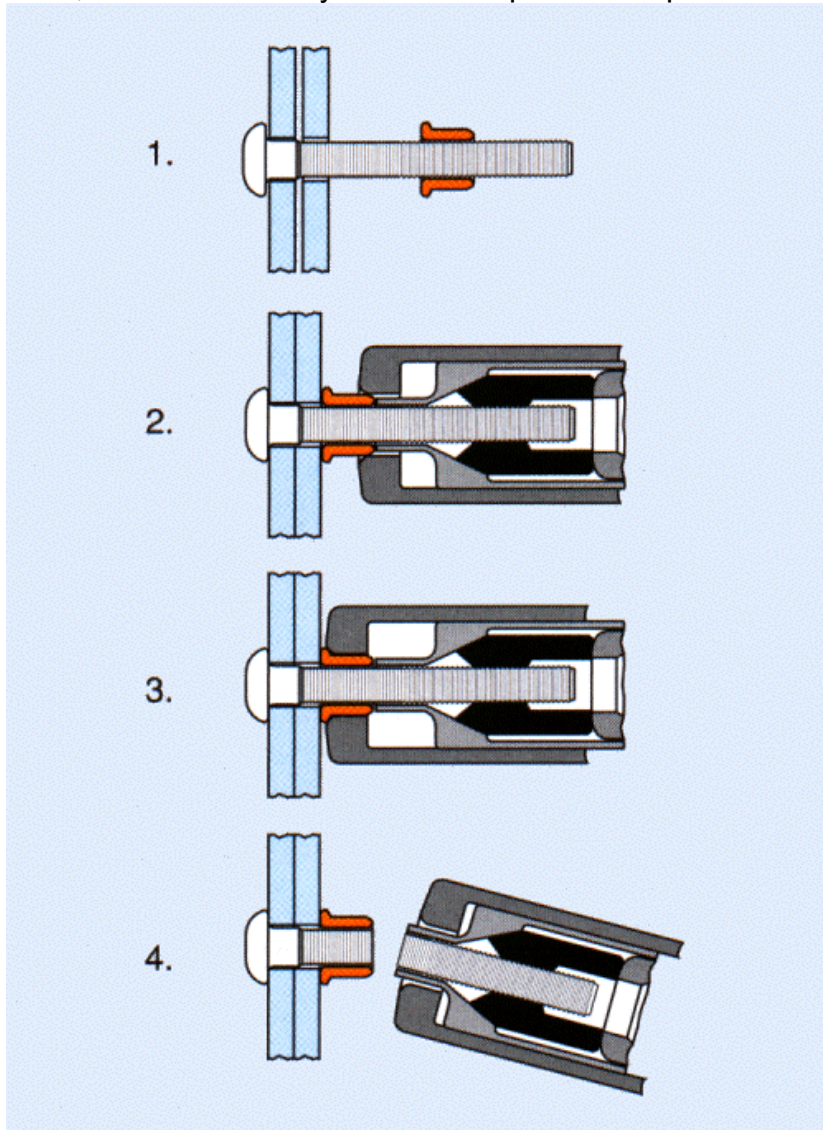
Standardní svorník s tvarovacím prstencem
 Ø 5,6 / 6,0 / 6,5 / 8,0 mm z hliníku a oceli
 Ø 10,0 mm z hliníku a oceli, jakosti 5.8
 Svorník s tvarovacím prstencem pro velký rozsah sevření:
 Ø 5,6 / 6,0 / 6,5 / 8,0 mm z hliníku a oceli
 Ø 10,0 mm z hliníku

Tři druhy pohonu pro sesazovací nástroje

Sesazovací nástroje (Obr. 19) pokrývají vždy podle druhu pohonu (pneumatický, pneumaticko-hydraulický nebo ruční) různé oblasti užití. Pro každý průměr svorníku potřebují předsádku s definovaným zaváděcím kónusem, který se nazývá tažná hlava.

Postup při sesazování svorníku s tvarovacím prstencem se zvlášť velkým rozsahem sevření

Postup při sesazování svorníku s tvarovacím prstencem se zvlášť velkým rozsahem sevření má první tři pracovní kroky shodné se standardním svorníkem s tvarovacím prstencem. Protože však nemá pevně definované, avšak proměnné místo určeného lomu, liší se oba druhy tvarování v posledním pracovním kroku.



Obr. 20:

Jednotlivé kroky sesazování svorníku s tvarovacím prstencem se zvlášť velkým rozsahem sevření: postup prvních tří kroků odpovídá postupu se standardním svorníkem s tvarovacím prstencem

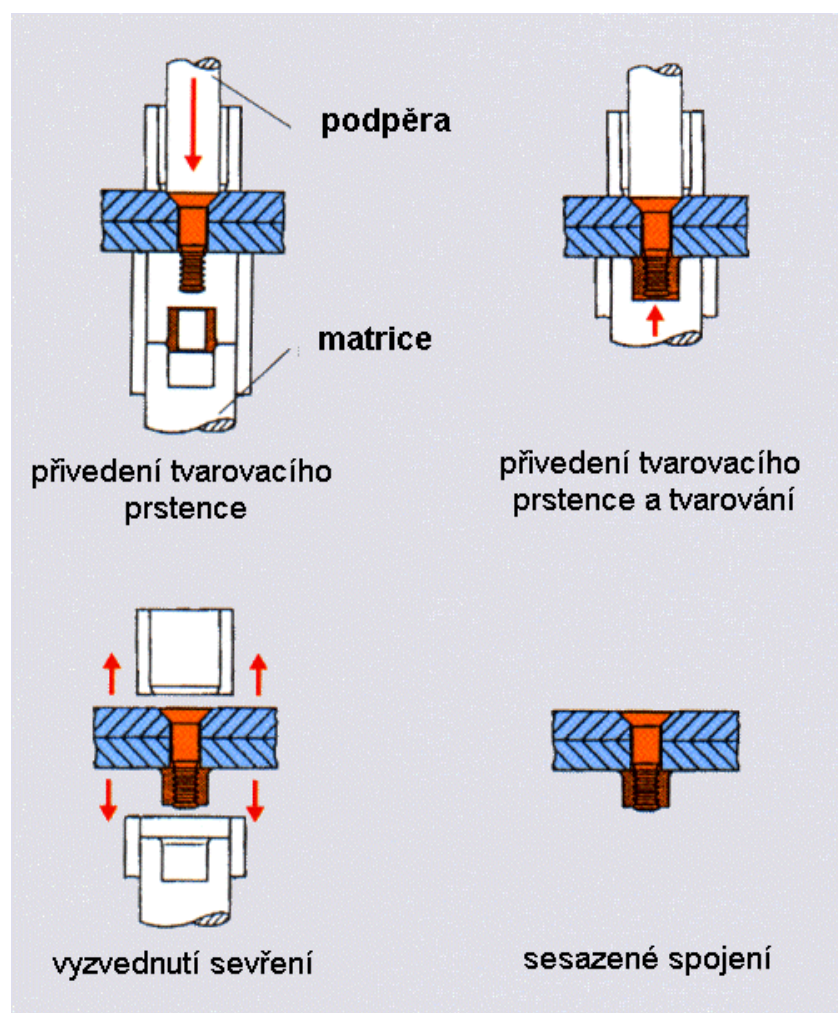
Zde vtáhne sesazovací nástroj svorník, takže se přesahující část drážkované tažné části na uzavíracím prstenci odlomí. Tažná hlava se od uzavíracího prstence uvolní (Obr. 20).

Nutná větší síla na odtržení

V normálním případě je potřebná síla na odtržení pro svorník s tvarovacím prstencem s velkým rozsahem sevření větší než pro svorník s tvarovacím prstencem s určeným místem lomu. Proto je pro tyto svorníky potřebný zesílený nástroj.

Postup při sesazování svorníku s tvarovacím prstencem bez stanoveného místa lomu

U svorníků s tvarovacím prstencem bez stanoveného místa lomu způsobí síla tvarování uzavíracího prstence, která je vyvolána sjíždějící maticí. Tato síla musí být kompenzována reakční silou podpěry.



Obr. 21:

Sesazování svorníku s tvarovacím prstencem bez určeného místa lomu

Speciální nástroje

Proto mohou být v tomto případě zpracovávány rovněž ocelové svorníky a hliníkové tvarovací prstence. Speciálně vyvinuté nástroje razníku / podpěry a matrice připouštějí rozmanité způsoby užití. Tyto kroky sestavování tvoří (Obr. 21):

1. Svorník s podpěrou / razníkem nasunout a přidržet.
2. Přivést tvarovací prsteneč a sjetím matrice zavírací prsteneč vytvarovat.
3. Matrici a podpěru rychloposuvem oddálit.

Zpracovatelský nástroj pro svorníky s tvarovacím prstencem

Pokud možno z jedné ruky

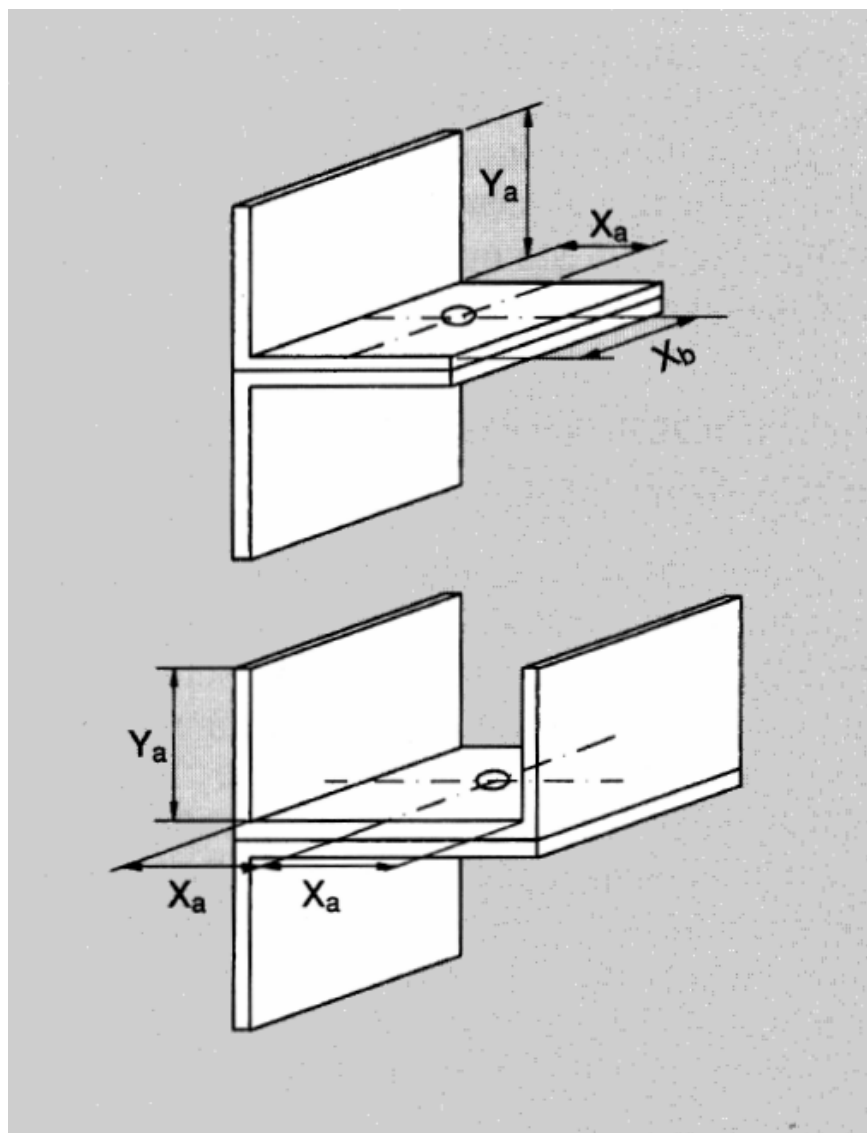
Svorníky s tvarovacím prstencem je možné zpracovávat pouze se speciálními nástroji. Proto by se měly zásadně používat svorníky s tvarovacím prstencem, tvarovací prstence a k tomu potřebné nářadí od jednoho systémového výrobce. Samozřejmě lze používat spojovací elementy a nástroje pro zpracování od výrobců různých systémů. Potom je však nutné, aby uživatel prověřil vhodnost nástroje pro příslušné svorníky s tvarovacím prstencem nebo je pokusně vyzkoušel.

Představit si lze použití svorníku s tvarovacím prstencem a tvarovacího prstence od různých dodavatelů. Avšak žádný z dodavatelů za takové spojení nepřevzme záruku.

Výběr zařízení pro zpracování

Pro výběr zařízení pro zpracování jsou rozhodující průměr a materiál svorníku s tvarovacím prstencem. Dále hraje roli počet zpracovávaných kusů v časové jednotce. Z toho pak vychází druh pohonu zpracovatelského zařízení, čas zpracování a geometrická velikost nástroje.

Rovněž se současně posuzuje přístupnost při určování nástroje (Obr. 22).



Obr. 22:

Prověrka přístupnosti nástroje v systémech CAD

X_a vzdálenost od středu otvoru k hraně konstrukčního dílu v příčném směru

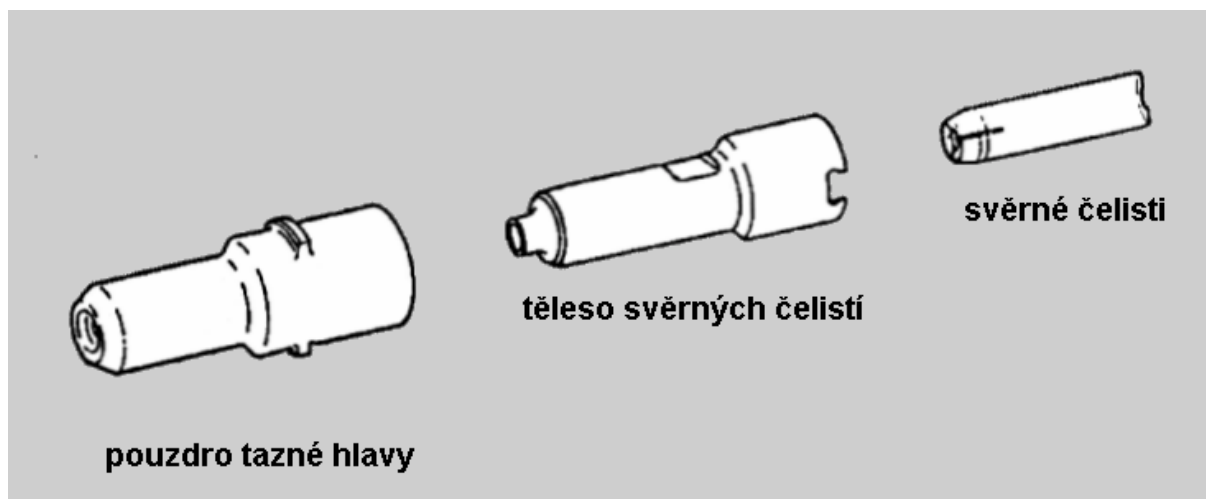
X_b vzdálenost od středu otvoru k hraně konstrukčního dílu v podélném směru

Y_a horizontální výška konstrukčního dílu

Z toho důvodu je žádoucí již v konstrukční fázi zvážit rozměry nástrojů a jejich použitelnost prověřit v systému CAD, aby byla získána jistota, že je disponibilním nástrojem zpracování možné.

Vhodné jen pro jednu velikost průměru

Každý zpracovatelský nástroj potřebuje pro zpracování svorníku s tvarovacím prstencem tažnou hlavu (Obr. 23), která se dá použít jen pro jeden průměr. Geometrie uchopení jsou za to pro všechny nástroje zpravidla stejné, nezávislé na způsobu pohonu nástroje.



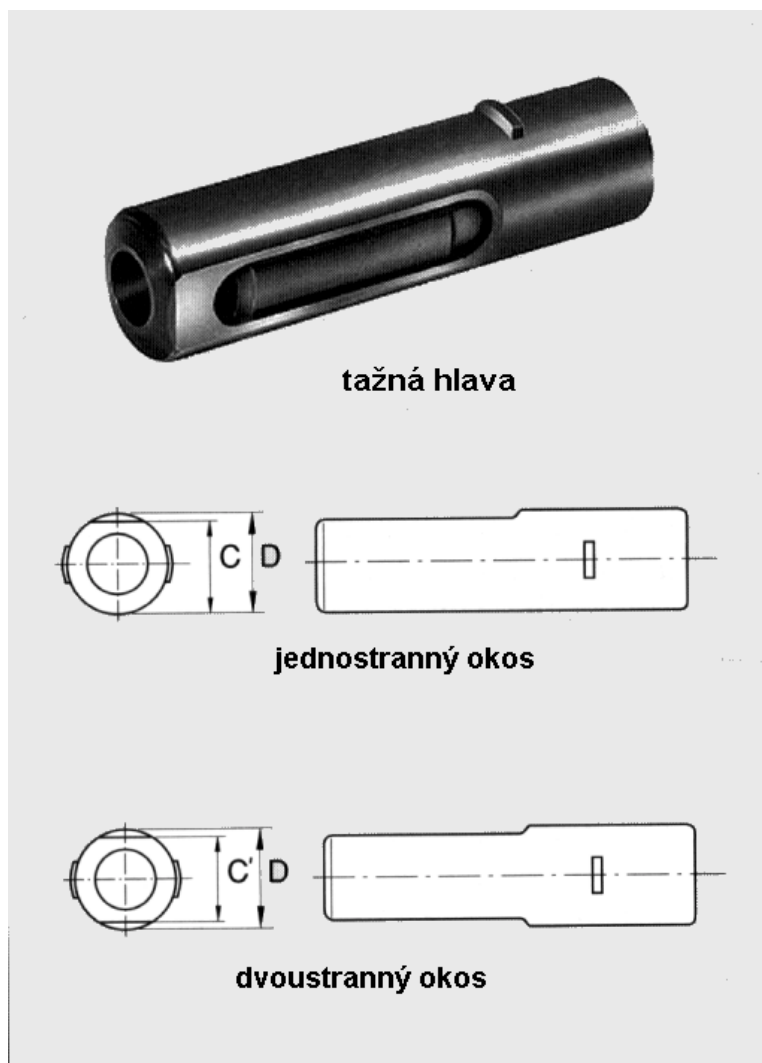
Obr. 23:
Struktura tažné hlavy

Svorníky s tvarovacím prstencem s určeným místem lomu a svorník s tvarovacím prstencem s proměnným místem lomu (velký rozsah sevření) vyžadují různé tažné hlavy. K tomu, aby bylo možné provést i u malých axiálních vzdáleností sesazení, existují tažné hlavy s jednostranným okosem; tažné hlavy s oboustranným okosem jsou koncipovány pro to, aby bylo možné se dostat i do úzkých profilů (Obr. 24).

Měření opotřebení

Nejdůležitější část tažné hlavy je přední naváděcí kónus, který přebírá tvarování materiálu tvarovacího prstence. Tato část tažné hlavy podléhá opotřebení. Za pomoci měrky se dá určit, kdy se musí vyměnit vnější pouzdro tažné hlavy s tvarovacím kónusem.

Zpracovatelské nástroje existují s různými druhy pohonu (viz Obr. 19, strana 44). Běžné jsou ruční nýtovací nástroje bez cizího / externího pohonu, které jsou vhodné pro svorníky z hliníku a oceli o průměru 5 mm / 6,0 mm / 6,4 mm při malých počtech kusů. Pro zpracování svorníků o vyšší jakostní třídě, s většími průměry nebo při odpovídajícím větším počtu kusů se používají nástroje s pneumatickým nebo hydraulickým pohonem.



Obr. 24:

Okosy u tažné hlavy usnadňují přístup

C průměr jednostranně zploštělé tažné hlavy

C' průměr oboustranně zploštělé tažné hlavy

D průměr tažné hlavy

Struktura hydraulického sesazovacího zařízení

Hydraulické sesazovací zařízení se skládá z elektricky poháněného hydraulického čerpadla, sady hadic, hydraulického sesazovacího nástroje a tažné hlavy. Hnací agregát, také nazývaný oběhový posilovač je stejný pro všechny nástroje. Hadicová sada a sesazovací nástroje se jednoduše a rychle spojují rychlospojkami. Zvláštní nástroje a prodloužené tažné hlavy se mohou použít dle aplikace.

Sesazování s hydraulickým nástrojem trvá mezi dvěma a pěti sekundami a dá se tak realizovat racionálně. Zvláštní kvalifikace není po zacvičení nutná.

Kontrola jakosti

U bezpečnostně relevantních konstrukčních dílů je třeba se postarat o to, aby byly dodrženy vyžadované bezpečnostní požadavky. Avšak celkové bezpečnostní požadavky nebývají obvykle jasně formulovány, resp. z části nejsou ani známé. Spojení svorníky s tvarovacím prstencem v důsledku plastické deformace / tvarování materiálu tvarovacího prstence a určeného místa lomu na svorníku spojovací elementy, které jsou samokontrolující.

Vizuální kontrola....

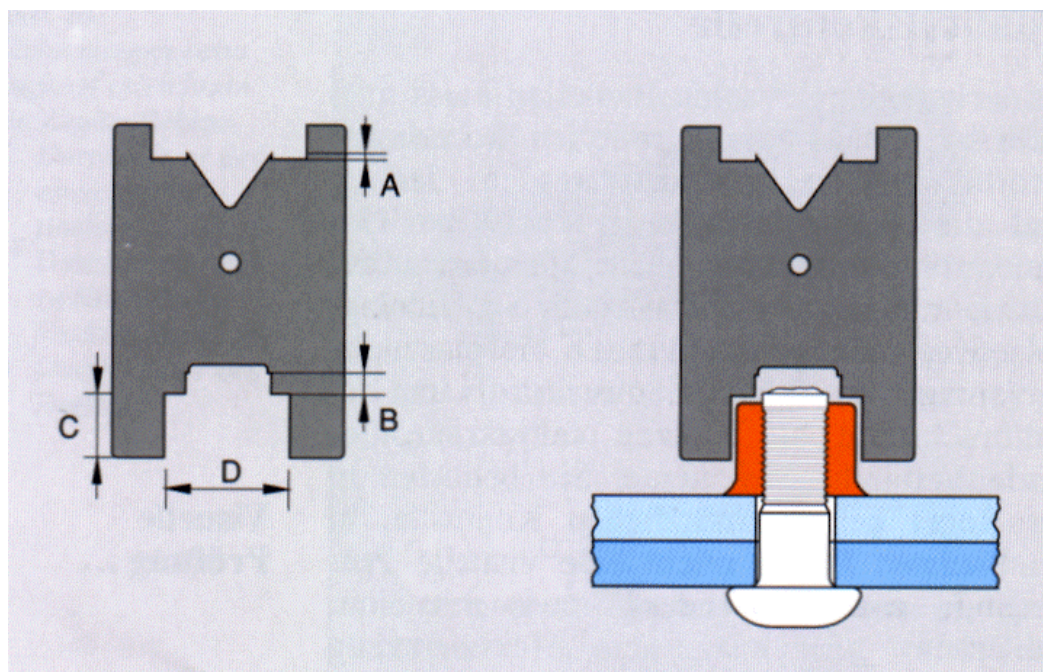
Zpravidla nepotřebují žádnou dodatečnou kontrolu, ve většině případů postačí kontrola vizuální.

..... nebo kontrola měrkou

Podle aplikace se pak musí provádět překontrolování buď kalibrem nebo měřícím zařízením. Přesně vzato, nepřímě se měří otěr, resp. stupeň opotřebení naváděcího kónusu tažné hlavy. Jsou-li dosaženy hranice opotřebení, nelze již tvarovací pouzdro používat pro tvarování tvarovacího prstence a musí se vyměnit za nové. Kontrola jakosti je jednoduchá a spoří náklady, používá se však dosud jen málo. Stavba letadel se svým vysokým standardem bezpečnosti kontroluje spojení svorníky s tvarovacím prstencem tímto způsobem.

Požadavky z dodavatelské oblasti automobilového průmyslu, na zaznamenávání a ukládání parametrů zpracování svorníků s tvarovacím prstencem byly u svorníků s tvarovacím prstencem splněny již v roce 1965. Zde se měřil tlak hydraulického nástroje, dráha tvarovacího pouzdra a byl poskytován signál o odvedení odlomené tažné části.

U vysoce pevných předepnutých svorníků s tvarovacím prstencem podléhajících schválení, tedy svorníků, které se používají u výškových ocelových konstrukcí, konstrukcích jeřábů a stavbě mostů existuje kontrolní povinnost měření měrkou / kalibrem (Obr. 25).



Obr. 25:

Kontrolní měrka pro spojení svorníky s tvarovacím prstencem

A vnitřní stav svorníku (max. rozsah sevření)

B maximální přesah svorníku (min. rozsah sevření)

C nejmenší délka tvarování uzavíracího prstence

D maximální průměr tvarování tvarovacího prstence

Podle stavebního / konstrukčního oprávnění se musí každý 20. spoj přímo po sesazení překontrolovat. Předepnuté spojení svorníkem s tvarovacím prstencem se nedá jednoduše dotáhnout. Výhoda však spočívá v tom, že se na základě nerozebíratelnosti ani později nemusí v určitých periodách kontrolovat a udržovat. Tento pozitivní aspekt spoří často značné náklady za údržbu spojení.

Demontáž

Demontáž spojovacích elementů a systémů spojení je dnes tématem, které se musí zohlednit již v projekční fázi tak, aby se později u oprav a změn konstrukce zabránilo zbytečně velkým nákladům.

Požadavky: demontáž bez poškození

Požadavky v této oblasti dnes směřují tím směrem, že se chce, aby při demontáži zůstaly konstrukční díly a samotné povrchy nepoškozené. Proto není demontáž s přívodem tepla například s plamenovým řezákem často žádným řešením, protože se zničí plastové díly a mohou vznikat i jedovaté plyny.

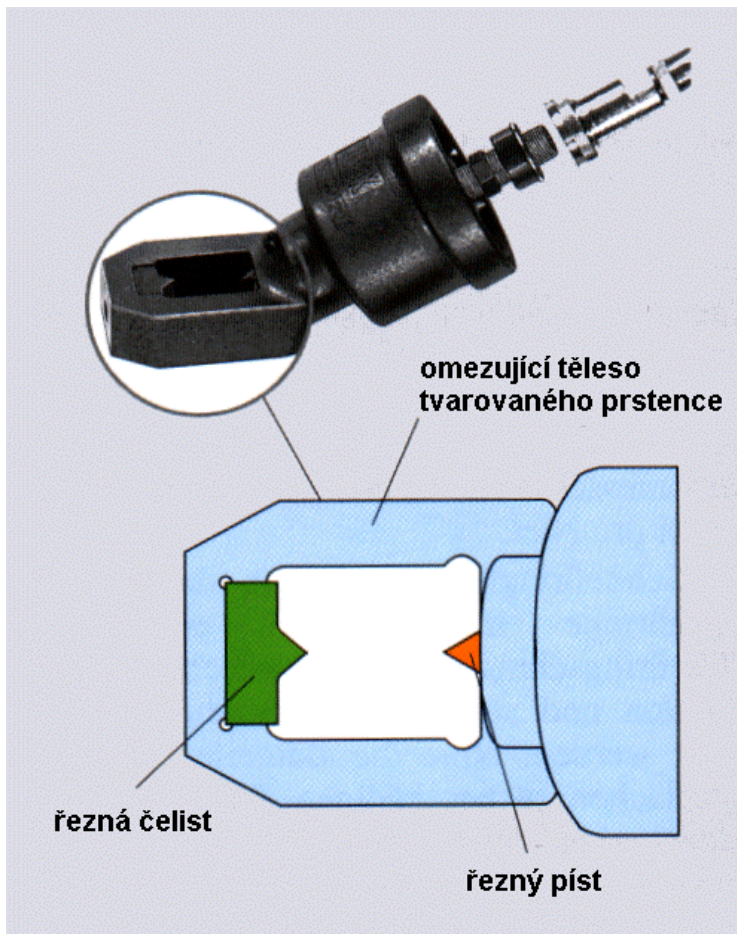
Na první pohled se zdá demontáž nerozebíratelných spojení v porovnání k opakovaně rozebíratelným spojení velmi nákladná a mnohdy sotva proveditelná. Když si však jednotlivé systémy prohlédneme podrobněji, zjistíme, že existují významné rozdíly. I dnes je demontáž plných nýtů z oceli spojená stále s vysokými náklady a proto odpovídajícím způsobem nákladná. Ať již se plné nýty odstraňují jakoukoliv metodou, ať je to vyvrtáním, odsekáváním, odpalováním nebo přívodem kyslíku při odpalování – je odstranění plného nýtu o průměru 16 mm spojeno s nákladem nejméně 10 DM za nýt.

Rychlé povolení řezáním tvarovacího prstence

U svorníků s tvarovacím prstencem je možné naproti tomu tvarovací / uzavírací prstence rozříznout speciálně vyvinutým nástrojem za pár vteřin a tak spojení jednoduše uvolnit, aniž by se konstrukční díly a jejich povrchy poškodily. Vzniklé náklady jsou relativně nízké. U standardních svorníků s tvarovacím prstencem se většinou naráží na hranice, když se například u spojení svorníkem s tvarovacím prstencem jedná o ocel jakosti 10.9.

Na demontáž má vliv nejen materiál, ale i tvar tvarovacího prstence. Takže standardní tvarovací prstence nebo nízké tvarovací prstence se dají obvykle rozříznout relativně jednoduše. U přírubových tvarovacích prstenců se tvarovaná / deformovaná válcová část tvarovaného prstence rozřízne a následně se svorník s tvarovacím prstencem vyrazí trnem.

Obrázek 26 ukazuje nástroj na rozřezávání tvarovacích prstenců pro vysoce pevné předepnuté svorníky s tvarovacím prstencem s průměrem od 12 mm do 25 mm. Energie pro pohon přichází z hydraulického oběhového posilovače (hydraulický agregát) jaký se používá i při zpracování svorníků s tvarovacím prstencem. U tohoto modelu se tvarovaný prsteneц uloží mezi jeden pevný a druhý pohyblivý břit a pak se rozřízne.



Obr. 26:
Nástroj pro řezání tvarovacích prstenců pro vysoce pevné předepnuté svorníky

Systémy svorníků s tvarovacím prstencem, které mají namísto paralelních drážek drážkovaný profil se stoupáním se dají alespoň teoreticky povolit, když je hlava svorníku s tvarovacím prstencem a příruba tvarovacího prstence opatřena šesti nebo dvanáctihranem.

Povolování ještě nevyzrálo

Protože momenty povolení jsou přeci jen hodně veliké a tloušťky přírub tvarovaného prstence jsou velmi slabé, což je podmíněno konstrukcí, nepředstavuje tato možnost uspokojivé řešení pro demontáž. Ale i v této oblasti jsou realizovány vývoje, které přinesou zlepšená řešení.

Takže je tedy možné systémy spojení se svorníky s tvarovacím prstencem z oceli (až do jakosti 8.8) a z hliníku rychle uvolnit a nahradit stejnými spojovacími elementy, aniž by došlo k poškození konstrukčních dílů a jejich povrchů. Tímto je možné v případě oprav a uvolňování dosáhnout rychlého a nákladově příznivého povolení. Svorníky s tvarovacím prstencem, tvarovací prstence a nepoškozené konstrukční díly je možné předat druhové recyklaci.

Užití

Vývoj pro stavbu letadel

Svorníkové systémy s tvarovacím prstencem byly po roce 1945 vyvinuty nejdříve v USA speciálně pro stavbu letadel, kde se ještě dnes na celém světě ročně používá mnoho milionů kusů. Vlastnosti svorníků s tvarovacím prstencem známé z kosmické a letecké techniky, jako např. velká bezpečnost proti samovolnému uvolnění, vysoká životnost, jakož i jednoduché, racionální a bezpečné zpracování byly v minulosti v podobné formě požadovány i v jiných oblastech průmyslu. Tak se již mnoho let používají svorníky s tvarovacím prstencem nejen z důvodu vysoké odolnosti proti vibracím, například u prosévacích zařízení (Obr. 27), dopravních žlabů, dopravních pásů v hornictví, prosévacích zařízeních na štěrk či v hutních závodech.



Obr. 27:

Použití vysoce pevných svorníků s tvarovacím prstencem v prosévacím zařízení

Vývoj směrem k lehkým konstrukčním formám v automobilových konstrukcích, konstrukcích přívěsů, stavbách vagónů a kolejových konstrukcích, konstrukcích karoserií a železničních vozidel (Transrapid) a stavbě letadel výrazně zvýšil možnosti užití svorníků s tvarovacím prstencem

Možné spojování ve více vrstvách

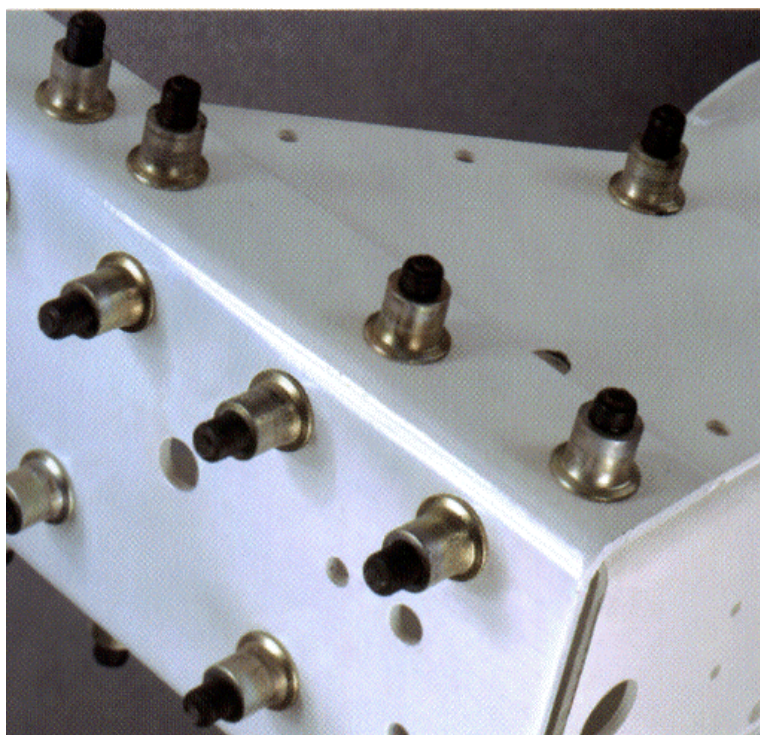
Na druhé straně se mnoho aplikací umožní teprve tím, že svorníky s tvarovacím prstencem jsou schopné spojovat různé materiály i ve více vrstvách.

Aplikace v konstrukci automobilů ...

Tak je možné současně navzájem spojovat materiály jako je ocel, hliník a plasty. V automobilovém průmyslu se objevují svorníky s tvarovacím prstencem v náraznících, sedadlech, vodících lištách sedadel nebo odděleních.

..... ve stavbě karosérií

Stavba karosérií a přívěsů využívá teprve posledních pět let zvýšenou měrou vysoce pevné předepnuté svorníky s tvarovacím prstencem až do jakosti 10.9 pro spojování podvozkových dílů (Obr. 28). Pro úsporu hmotnosti se tak například v konstrukci rámu vyrábí podélné nosníky z oceli a příčné nosníky hliníku a navzájem se spojují svorníky s tvarovacím prstencem



Obr. 28:

Svorníky s tvarovacím prstencem jako spojovací elementy pro nástavby na podvozky nákladních vozidel

Přání mnoha konstruktérů karoserií mít před konečnou montáží konstrukční díly s úplnou povrchovou úpravou a provedení spojení bez následných oprav, vedlo k vývoji nových variant svorníků s tvarovacím prstencem. Tyto nemají žádné stanovené místo lomu a nepotřebují proto pro zlepšení antikorozi ochrany žádné následné práce. Dále se dají vyrábět s příznivými náklady, protože v důsledku odpadnutí určeného místa lomu a tažné části dochází k úspoře asi 50% materiálu svorníku a redukuje se hlukové emise při způsobech zpracování. To přináší další doplňující hospodářské výhody při aplikaci. V konstrukci karoserií se hliníkové díly a ocelové výztuhy zvláště rohové oblasti spojují svorníky s tvarovacím prstencem. U kompletních systémů nástaveb se provádí spojení nástavby na nosný rám svorníky s tvarovacím prstencem nerozebíratelným způsobem. Většina bezpečnostního celního kování se upevňuje vysoce pevným svorníkem s tvarovacím prstencem a rovněž se úspěšně a bezpečně používá mnoho dalších aplikací.

Téměř klasickou aplikací je užití svorníku s tvarovacím prstencem u závěrů Curtain-Sider (Obr. 29), kdy se připevňují plachty nákladních vozidel na ocel nebo desky ušlechtilé oceli. Zde se po celé Evropě používají statisíce spojení svorníky s tvarovacím prstencem.



Obr. 29:

Svorníky s tvarovacím prstencem u spojení Curtain-Sider a rámových spojení



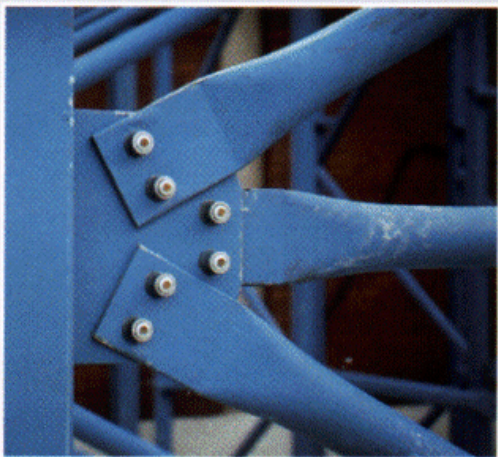
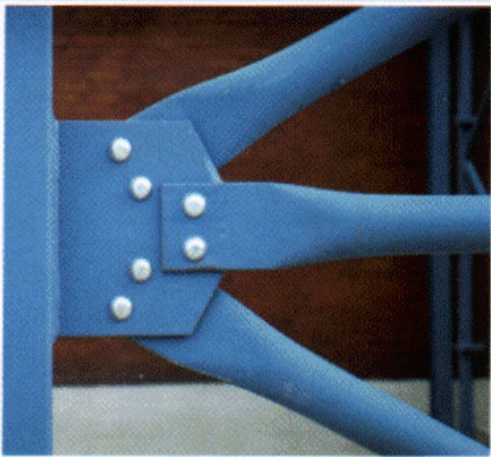
Obr. 30:

Použití svorníků s tvarovacím prstencem u moderních železničních vozů

Ke zvlášť intenzivnímu využívání došlo v posledních letech v oblasti lehkých a segmentových konstrukcí ve stavbě vagónů (Obr. 30), kde se vagóny podobně jako letadla skládají z mnoha modulů. Otvory / díry potřebné pro spojení svorníky s tvarovacím prstencem se přitom ukazují jako výhoda pro to, aby se i u velmi dlouhých konstrukčních dílů (až do 12 m) dosáhl kalibrovaný / lícovaný systém. U svařovaných systémů toto nebylo možné, neboť v důsledku vyskytujícího se tepelného prodloužení / zakřivení nebylo možné tolerance dodržet.

... konstrukce vysokých regálů....

V konstrukcích regálů, vysokých regálů a kazet na neřezaný materiál se s narůstající tendencí po mnoho let využívají svorníky s tvarovacím prstencem. Pro úsporu nákladů, zejména transportních nákladů se regálové elementy dodávají jako regálové elementy a montují se teprve na stavbě (Obr. 31). Přitom je třeba respektovat podstatný aspekt, a to, že se povrch regálových částí opatřených požadovanou vrstvou nepoškodí.



Obr. 31 (vedle):

Montáž kazetového skladu. Četné použité svorníky s tvarovacím prstencem umožňují bezproblémovou stavbu.

Vedle bezproblémové montáže se požadují zkrácené časy využívání, přestavby a nástavby na stávající vysokoregálové sklady spojovací elementy, které se dají jednoduše demontovat, aniž by se poškodily konstrukční díly. Dříve se projektoval vysokoregálový sklad na dobu životnosti a využívání cca 25 let, dnes se již po pěti letech požadují zásadní změny. Spojení svorníky s tvarovacím prstencem jsou sice nerozebíratelné, dají se však jednoduše demontovat tím, že se tvarovací prstenec rozřízne.

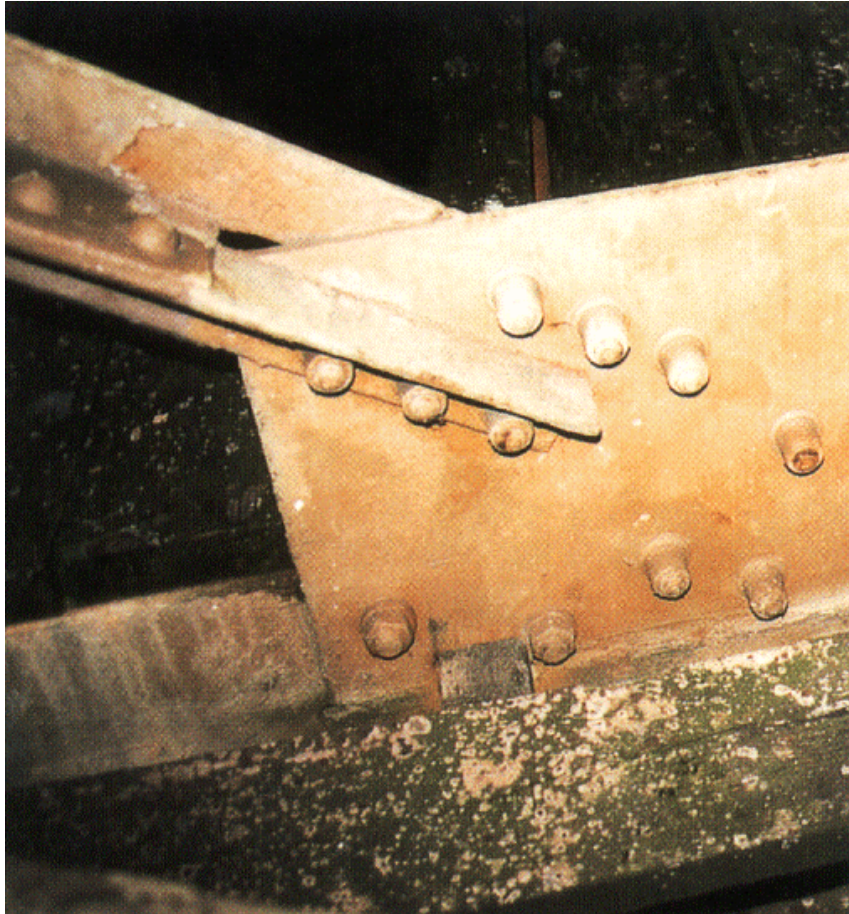
Rovněž u nových staveb jeřábů nebo při opravách jeřábových drah jsou svorníky s tvarovacím prstencem v provedení se zapuštěnou hlavou racionální alternativou ke spojení plnými nýty. To se týká zejména výztuh jeřábových kolejnic nebo spojení pro kolejnice jeřábových koček.

.... stavba mostů

Při stavbě mostu přes Velký Belt bylo pro montáž použito 92 000 svorníků s tvarovacím prstencem. Pro samotné mosty, které jsou nýtovány konvenčním způsobem mohou spojení svorníky s tvarovacím prstencem představovat nákladově příznivé a časově úsporné řešení.

.... ochrana památek

I v oblasti ochrany památek se dají účinně aplikovat zejména svorníky s tvarovacím prstencem s kulatou hlavou. Mohou nahradit plné nýty, neboť mají nejen opticky stejný tvar, ale vykazují dvojnásobnou pevnost a dají se výrazně rychleji (pětkrát rychleji) zpracovat. Při restauraci wuppertálské lanové dráhy byly vysoce pevné kónické šrouby na silně exponovaných místech nosné konstrukce nahrazeny vysoce pevnými předepnutými svorníky s tvarovacím prstencem (Obr. 32). Po cca 460 000 změnách zátěže (zde jízdní cykly visuté lanovky) byla provedena měření předepnutí za účasti neutrálních znalců. Přitom nebyl zjištěn žádný měřitelný pokles předepnutí.



Obr. 32:
Použití svorníků s tvarovacím prstencem v pojezdovém ústrojí wuppertálské visuté lanovky

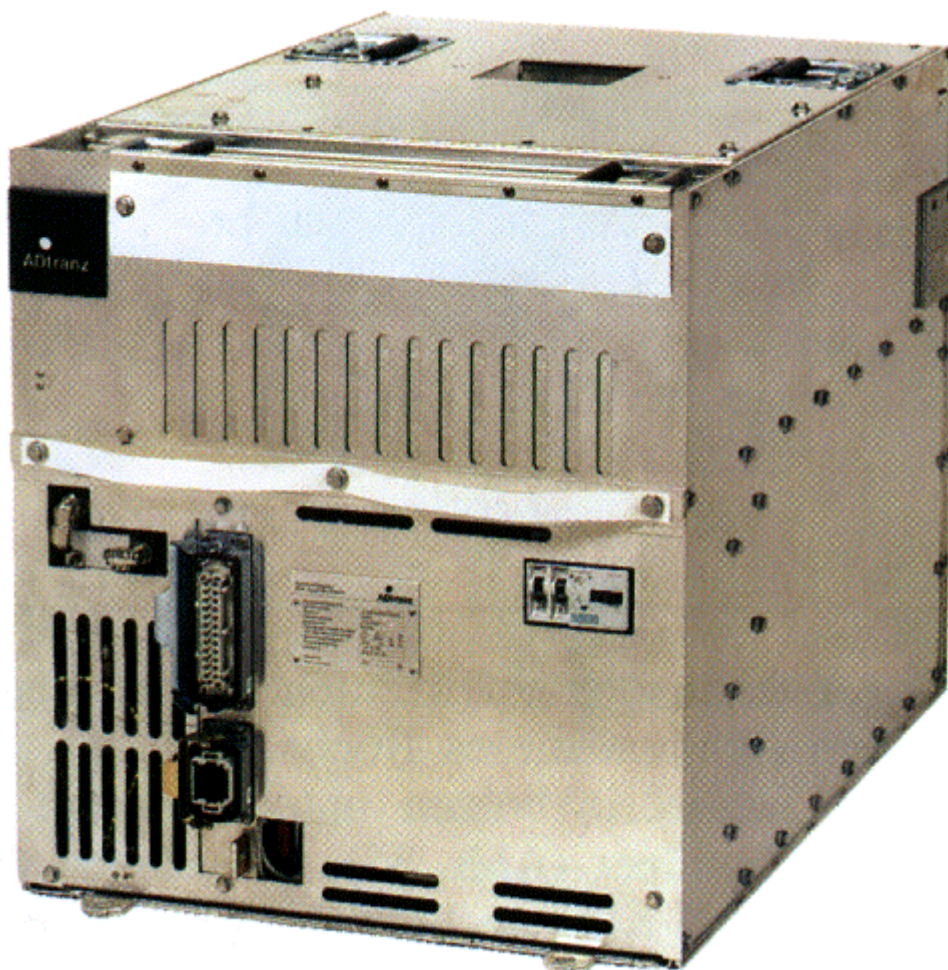
Od tohoto vyšetření jsou v Německu ve výstavbě mostů povoleny vysoce pevné předepnuté svorníky s tvarovacím prstencem.

Nerozebíratelnost spojení svorníky s tvarovacím prstencem a kruhový tvar prstence, který zabraňuje nechtěnému uvolnění jednoduchými pomocnými prostředky sebou přinesl celou řadu dalších aplikací. V oblasti bezpečnostních plotů, které se umísťují například kolem věznic, jsou svorníky s tvarovacím prstencem vhodným prostředkem pro zabránění rychlé demontáže. Dokonce věžeňské postele se „bezpečně“ upevňují tímto systémem.

K tomu, aby zabránily sabotážím elektrických stožárů, používají některé země v nosné konstrukci svorníky s tvarovacím prstencem. Rovněž bezpečnostně relevantní konstrukční díly, které nesmí být uvolněny cizí osobou se dají bezpečně opatřit svorníkem s tvarovacím prstencem o průměru i jen 5 mm. Jako příklad slouží kování vozidel, které slouží jako celní uzávěr, neboť svorníky s tvarovacím prstencem byly Celním kriminálním ústavem z Kolnu zařazeny jako celně bezpečný element.

..... stavba transformátorů

V elektrotechnickém průmyslu, u elektrických zařízení (Obr. 33) a v oblasti transformátorových konstrukcí se používají systémy svorníků s tvarovacím prstencem, aby bylo mimo jiné udržováno vždy konstantní předepnutí mezi vodivými konstrukčními díly, a tak bylo vytvořeno spojení bez mezer / spár. Při nechtěném uvolnění by se spojovaná místa ohřála a transformátory by vyhořely.

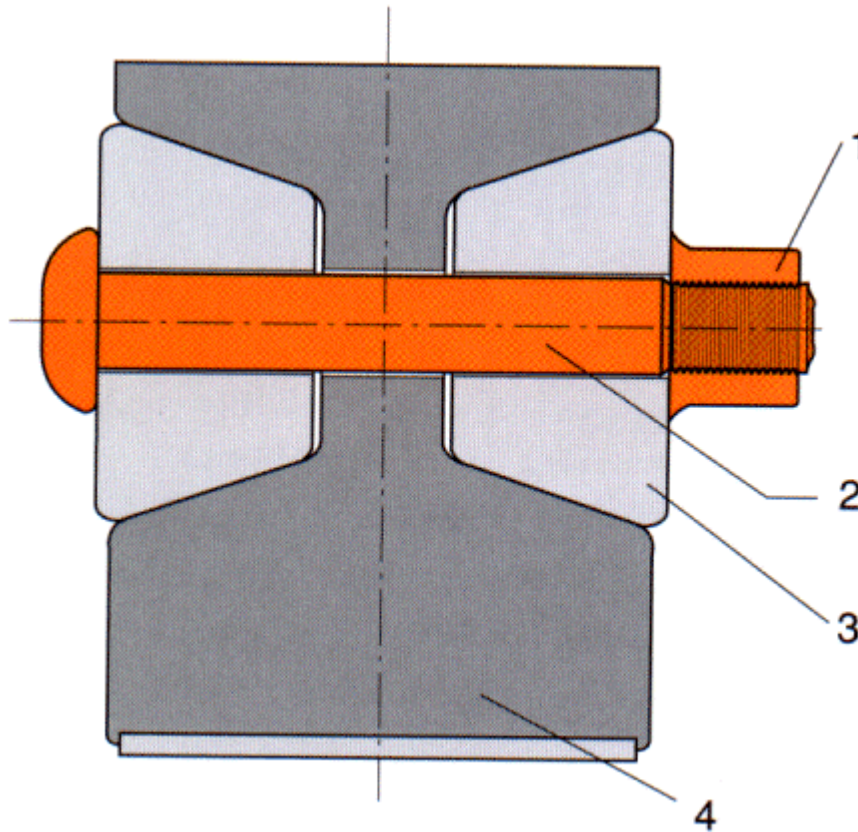


Obr. 33:

Použití svorníků s tvarovacím prstencem a slepých nýtů klimatizačního zařízení v pultu strojvůdce ve vlaku lokální dopravy osob

Pro přenos elektrické energie pro pohon metra a pouliční dráhy se používají spojovací hliníkové napájecí kolejnice a ocelové kolejnice. Ke spojení obou se osvědčily schválené vysoce pevné předepnuté svorníky s tvarovacím prstencem (Obr. 34), které neredukují jen výrazně montážní náklady, ale uspoří i vyrovnávání kolejnic, které je při jejich svařování nutné.

U výše uvedeného se uspoří navíc asi 7% energie, protože přenos přes kolejnicové spojky nevyvolává ztráty. Proto, aby u těchto spojení nedocházelo k problémům s korozí, se zde využívá neobvyklého spojení vysoce pevných svorníků s tvarovacím prstencem z hliníkových slitin.



Obr. 34:

Kolejnicové spojky na hliníkové spojovací kolejnici s vysoce pevným svorníkem s tvarovacím prstencem

- 1 *tvarovaný závěrný prstenec*
- 2 *svorník s tvarovacím prstencem*
- 3 *kolejnicová spojka*
- 4 *hliníková kolejnice*

Výčet všech aplikací by jistě přesáhl rámec této knížky. Svorníky s tvarovacím prstencem se totiž používají mimo jiné i v kontejnerové technice pro letecký provoz (Obr. 35), v zařízeních ventilační a klimatizační techniky, v konstrukci zemědělských strojů, stavbě lodí a v konstrukcích dolů, v první řadě pro jejich vysokou pevnost při schvění a nerozebíratelnost. Dokonce i u školního nábytku se sedací plochy spojují svorníky s tvarovacím prstencem (průměr 5 mm).

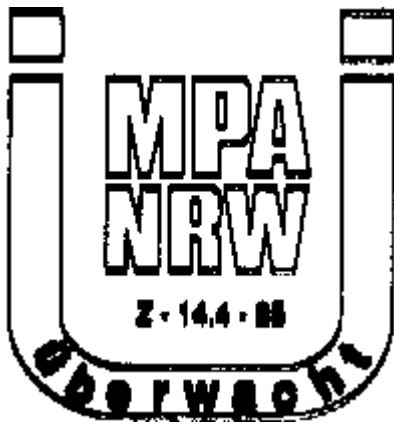


*Obr. 35:
Svorníky s tvarovacím prstencem u kontejneru pro leteckou dopravu*

Obecně se dá říci, že při použití svorníků s tvarovacím prstencem dochází především k redukci nákladů v porovnání s ostatními metodami spojování tam, kde jsou pro spojení potřebné četné spojovací elementy. Potom se projeví i racionální montážní časy. Přednosti jsou patrné i tam, kde se mohou provádět předběžné montáže na zemi.

Schválení, záznamy o zkouškách / testy

Tématika schválení / schvalování se objevuje často v úzké souvislosti s možností užití. Zejména to platí pro ocelové a výškové ocelové konstrukce a stavby mostů. Již v roce 1967 se začalo s přípravou kvalifikace vysoce pevných předepnutých svorníků s tvarovacím prstencem. V roce 1970 byla vydána první „Směrnice pro spojení svorníky s tvarovacím prstencem v oblasti užití ocelových konstrukcí s převážně klidovou zátěží“, v roce 1978 rozšířené schválení pro oblast aplikací s „dynamickou zátěží“, které je platné až do roku 2004. Toto povolení je právně účinné jen společně s kontrolou neutrálního úřadu pro zkoušky materiálu. Všechna balení vysoce pevných předepnutých svorníků s tvarovacím prstencem musí být opatřena odpovídajícím odkazem (Obr. 36) zkušebnímu úřadu. Bez tohoto odkazu není užití například u ocelových, výškových ocelových a jeřábových konstrukcí a při stavbě mostů možné.



Obr. 36:

Zkušební znak pro úředně povolené vysoce pevné předepnuté svorníky s tvarovacím prstencem

Deutsche Bahn AG [= Německá železnice, a.s.] a její předchůdkyně Německá spolková železnice vydaly více povolení a během posledních 20 let vypracovaly vlastní konstrukční normy, podle nichž samotné realizovaly rozsáhlé zkoušky a testy.

Žádný pokles předepnutí

Pokusy u Ústředního úřadu spolkové železnice v Mnichově ukazují, že i po dvou milionech změn zátěže nebyl zjištěn žádný pokles předepnutí svorníků s tvarovacím prstencem. Od té doby se vysoce pevné předepnuté svorníky s tvarovacím prstencem používají i pro nýtování závěsů os, nýtování klanic a pro užití cisteren.

Vývoj vysoce pevných předepnutých svorníků s tvarovacím prstencem s malými průměry v jakostních třídách oceli 8.8 a 10.9 poskytuje již po více než 20 let bázi pro dnešní aplikace v konstrukci rámců vozidel a přívěsů / návěsů. Předcházely tomu četné cizí i vlastní analýzy. Analýzy z USA o dlouhodobé odolnosti proti chvění aplikace v Německu jen podpořily.

Další vývoj

Svorníky s tvarovacím prstencem byly vynalezeny v USA, a mnoho let se vyráběly jen tam. Již několik let se však takové systémy vyvíjejí dále i v Evropě, v posledních letech více v Německu.

Optimalizace, dodatečné funkce

V popředí stály především optimalizace vlastností a hledání dodatečných funkcí. Příkladem pro to jsou svorníky s tvarovacím prstencem, které nemají žádné určené místo lomu, a tak nevyžadují u požadavků s vysokou antikorozií odolností žádné další provádění ochranných vrstev. Dalším pozitivním efektem tohoto typu svorníků s tvarovacím prstencem je minimální vývin hluku při zpracování a na základě menších délek jednodušší usazení tvarovacího prstence.

Ergonomické nástroje

Dalším vývojem prochází i zpracovatelské nástroje s cílem dosáhnout práce s lehčím a lépe ergonomicky koncipovaným nástrojem.

V budoucnu bude rovněž možné např. spojovat s velkou pevností konstrukční díly z oceli a hliníku s vysokou pevností se svorníky s tvarovacím prstencem hliníku.

Probíhající výzkumný projekt

V rámci Evropské výzkumné společnosti pro plechy [*= doslovný překlad názvu instituce, pozn. překl.*] se ve vlastní pracovní skupině zpracovávají k tématu svorníky s tvarovacím prstencem mimo jiné podklady, označování, jakož i zkoušky. Na univerzitě Rostock probíhá v současné době výzkumný projekt s tématem „Pevnostní charakteristiky spojení svorníky s tvarovacím prstencem při statickém a dynamickém namáhání za použití různých konstrukčních materiálů“. Protože i další témata pro průmyslové využití systému svorníků s tvarovacím prstencem jsou zajímavá, budou v této oblasti pokračovat výzkumy i v následujících letech.

Odborné pojmy

Koeficient dotažení α - Poměr největší a nejmenší předepínací síly dosažené ve šroubu v závislosti na přesnosti dotahování (viz Směrnice VDI 2230).

Axiální síla F_g - Podíl provozní síly F v ose svorníku

Mez kluzu 0,2 - Napětí $R_{0,2}$ při němž po odlehčení činí v materiálu plastické protažení 0,2%.

Třída pevnosti - Systém označení, který popisuje minimální pevnost v tahu a mez kluzu v tahu u šroubů a svorníků (omezeně i u matek). Třída pevnosti se uvádí dvěma číslicemi, např. 8.8 (DIN ISO 898 T1, T2 aj.).

Tváření za studena - Tvarování bez přívodu tepla plastickou změnou tvaru pevného tělesa při zachování hmotnosti a soudržnosti (DIN 8580).

Rozsah sevření - Oblast mezi minimální a maximální tloušťkou sevření.

Délka sevření - Vzdálenost mezi hlavou svorníku a tvarovacím prstencem

Místo učeného lomu - Záměrně vyválcovaná redukce průměru svorníku, v němž se svorník po tvarování prstence kontrolovaně odlomí.

Deformace na mezi kluzu - Přejít materiálu z elastické oblasti do plastické.

Zušlechtění - Metoda tepelného ošetření, která se skládá z kalení a následného popouštění. Cílem metody je zvýšení houževnatosti materiálu při dané pevnosti.

Předepínací síla F_v - Svěrná síla působící ve spojení svorníkem s tvarovacím prstencem, která je potřebná k tomu, aby udržela vliv působení provozní síly v požadovaných mezích.

Pevnost v tahu R_m - Napětí vycházející z nejvyšší síly vztahující se k výchozímu průřezu, při němž materiál selhal.

Tažná hlava - Předsádka zpracovatelského nástroje, skládající se z tvarovacího kónusu a mechanismu svěrných kleštin.

Tažná část - Tažná část svorníku s tvarovacím prstencem s určeným místem lomu je funkční částí pro zpracování svorníku s tvarovacím prstencem.

Literatura

- [1] Německý výbor pro ocelové konstrukce „Směrnice pro spojování svorníky s tvarovacím prstencem v aplikační oblasti výškových ocelových konstrukcí s převážně klidovým zatížením“, Köln 1970.
- [2] Německý institut pro stavební techniku: Všeobecné povolení stavebního dohledu č. Z-14.4-25 ze dne 08.06.1999. Předmět povolení: Vysoce pevné svorníky s tvarovacím prstencem. Žadatel: Gebr. Titgemeyer GmbH. Datum platnosti: do 30.06.2004
- [3] Grandt, J. a Holz, H.: „Vysoce pevnostní předepjaté hliníkové svorníky s tvarovacím prstencem pro napájecí kolejnice“ *Zvláštní tisk z Hliník – Mezinárodní magazín pro průmysl, výzkum a praxi 6 (1991)*. Aluminium-Verlag, Düsseldorf. Str. 566/567
- [4] Grandt, Jörg: Vysoce pevná svorníková spojení a spojení slepými nýty pro nosné konstrukce“ *Zvláštní tisk z mezinárodního odborného časopisu Plechy, trubky, profily 9 (1992)* Meisenbach GmbH, Bamberg
- [5] Grandt, Jörg: Vysoce pevná svorníková spojení a spojení slepými nýty pro konstrukce vozidel“ *Technika karoserií a vozidel* Center Verlag, Stuttgart. 2000
- [6] Grandt, Jörg: Vysoce pevná svorníková spojení bez nebezpečí samovolného uvolnění“ *Průmyslový věstník 14 (1996)* Konradin Verlag, R. Kohlenhammer, Leinfelden
- [7] Grandt, Jörg: Zajištění kvality při nízkých nákladech na kontrolu a zkoušení u spojení svorníky s tvarovacím prstencem“ *aT 10 (1991)*. Verlag für Technikliteratur U. Groebel, Limeshain
- [8] Grandt, Jörg: Svorníky s tvarovacím prstencem – rychlý montážní systém. Spojování konstrukčních dílů ve více vrstvách u různých materiálů s vysokou pevností a předepnutím“ *Ocel 5 (1998)*, Verlag Stahleisen, Düsseldorf
- [9] Junker, G. a Strelow, D.: „Cesta ke standardizaci – praxi se blížící zkoušky samosvorných šroubů a matek“ *Strojní trh“ 78 (1972)* Vogel Verlag, Würzburg
- [10] Schwarmann, L. a Hoffer, K.: „Zvýšení životnosti nýtovaných spojení při protažení trnem u otvorů pro nýtování“, Aluminium-Verlag, Düsseldorf.
- [11] Steinhardt a Valtinat: „Vysoce pevné předepnuté svorníky s tvarovacím prstencem“ u ocelových konstrukcí“. *Strojní trh 44 (1978)* Vogel Verlag, Würzburg
- [12] Strelow, D.: „Jištění šroubových spojů“ Schválený dotisk informačního listu 302, 4. Vydání 1974 Poradenského centra pro užití ocelí Düsseldorf.