

Lisování nerozebíratelných spojů rámových konstrukcí

Zbyšek Nový¹, Miroslav Urbánek¹

¹ Comtes FTH –Lobezská E981, 326 00 Plzeň, Česká republika,
znovy@comtesfht.cz, murbanek@comtesfht.cz

Abstract

The project goal is development of an alternative joint production technology to welding of high strength low alloyed steels. The reason for the development is the material properties degradation in the heat affected zone due to welding process which is extremely problematic especially in the case of the materials with controlled microstructure. The newly developed joints are created by combination of pressing and zinc-coating. The technology development is aimed for light weight joints of thin wall profile constructions made of pipes.

There are currently tested joints of pipe-profile and under development there are joints pipe-pipe and profile-profile. Special forming tools are designed for these purposes assuring required semi-finished product shape for high quality crimp connections.

1 SOUČASNÁ PROBLEMATIKA

U konstrukcí z vysokopevných materiálů bývá častým problémem realizace nerozebíratelných spojů jednotlivých polotovarů. U svařovaných konstrukcí tyto spoje představují místa koncentrace napětí, pokud je struktura vlivem svaru nepříznivá, nastávají zde při namáhání problémy. Svařitelnost vysokopevných materiálů je problematická jednak proto, že jejich chemické složení samo o sobě dobrou svařitelnost nezaručuje a řízeně připravená mikrostruktura je vlivem svařování zcela změněna a má v oblasti svaru jiné vlastnosti než základní materiál- obvykle horší parametry.

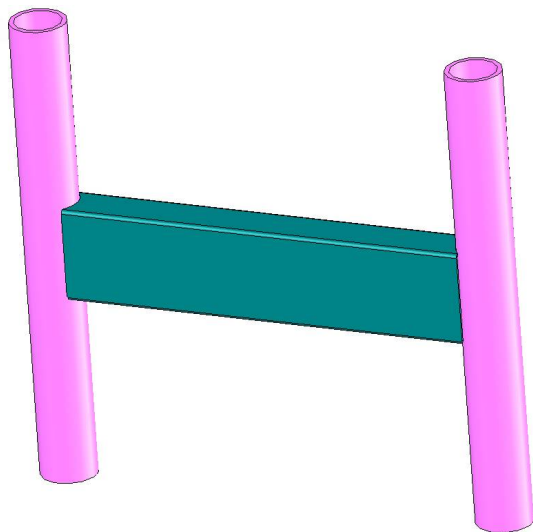
Z uvedených důvodů je hledán alternativní způsob výroby nerozebíratelných spojů. Autoři se zaměřují na spoje stojin s příčnickem, kde svislou stojinu tvoří trubka a vodorovný příčník je tvořen profilem ohýbaným z plechu. Princip spojování uvažovaný v této práci spočívá v mechanickém nalisování polotovarů na sebe v kombinaci s pozinkováním. Mechanické spoje jsou navrhovány tak, aby povrch vzájemně nalisovaných součástí byl co největší a tím, aby byla přenášena maximální síla. Předpokládána je konstrukce vyrobená z relativně tenkostěnných polotovarů, protože cílem je vytvářet lehké kovové konstrukce. Práce byla motivována potřebou spojování prvků vyrobených z ocelí s efektem transformačně indukované plasticity (TRIP). U tohoto typu ocelí lze očekávat dostatečnou plasticitu polotovarů pro prolisování a následnou dostatečnou pevnost pro provozní namáhání.

2 POPIS NEROZÍBÍRATELNÝCH SPOJŮ

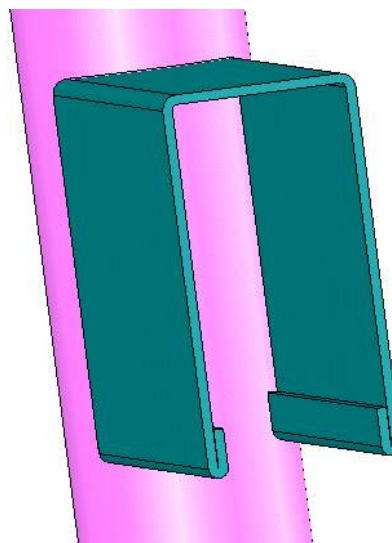
Nerozebíratelné spoje byly navrženy pro rychlý a levný způsob výroby, tj. lisování a pozinkování. U spojů je vyhodnocována pevnost na jednoduchém spojení příčníku se dvěma svislými trubkami pro typ profil-trubka. Uvažovány jsou čtyři varianty, z nichž první je klasický svařovaný spoj, jenž je následně srovnáván s dalšími navrhovanými variantami. Spoj byl aplikován na trubku o průměru 48x3.2 mm a tenkostěnný U profil je vytvořen z 2mm tlustého plechu. Celý tento spoj je pozinkován, čímž se zvýší jeho odolnost vůči korozi a celkově dojde ke zpevnění spoje. První spoje jsou vyrobeny z konstrukční oceli se zaručenou svařitelností.

2.1 Varianta I – svařovaný spoj

První varianta spoje je klasický svařovaný spoj, který bude sloužit k porovnání s ostatními variantami. Na Obr. 1 je znázorněna celá sestava zkoušeného vzorku a na Obr. 2 je zobrazen řez příčnicku z plechu.



Obr. 1 Svařovaný spoj

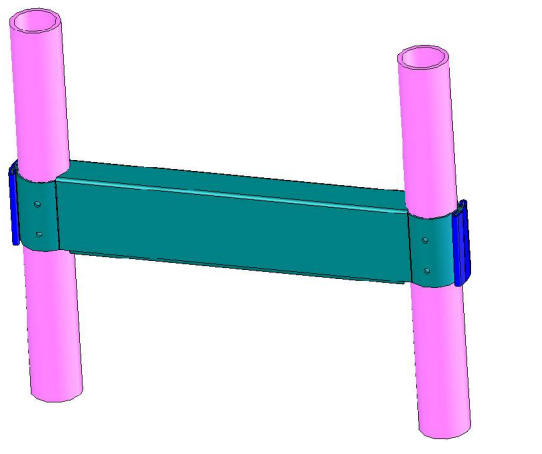


Obr. 2 Řez svařovaným spojem

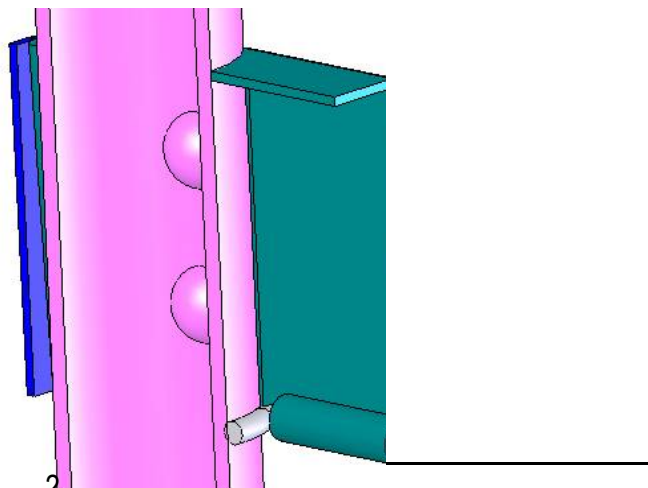
Vzorek se skládá ze dvou silnostěnných trubek o vnějším průměru 49mm sloužících jako stojiny a příčnicku tvořeného ohýbaným plechem ve tvaru U viz Obr. 2. Konec profilu je ohnut o 180° pro zvýšení tuhosti příčnicku, jedná se o tzv. zapertlování. Osová vzdálenost trubek je 380mm, pro snížení vlivu průhybu nosníku a zvýraznění vlastní pevnosti spoje. Veškeré vzorky se skládají ze dvou svislých trubek a příčnicku mezi nimi. Rozdíl je vždy pouze ve spoji, rozměry jsou vždy zachovány.

2.2 Varianta II

Druhá varianta je již náhrada svařovaného spoje. Na Obr. 3 je patrný první lisovaný spoj s trubicí, okolo níž je vytvořena objímka z tenkého plechu oceli. Tato objímka je součástí příčnicku, který spojuje svislé trubky. Konec objímky je spojen rybinou, což je úkosově ohnutý plech. Příčnick je zesponu opatřen sponou zabraňující případnému rozevření, viz Obr. 4. Pro zabránění axiálního posuvu jsou do objímky vylisovány důlky, čímž dojde ke zvýšení styčné plochy a zároveň se zabrání výše zmiňovanému axiálnímu pohybu. Celý tento spoj je pozinkován, což opět zvyšuje pevnost spoje a zároveň zabraňuje korozi.



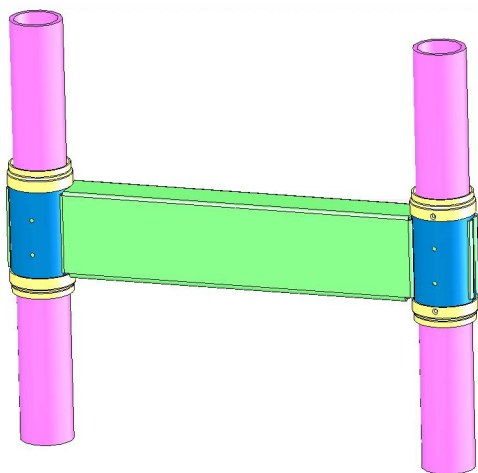
Obr. 3 Varianta II



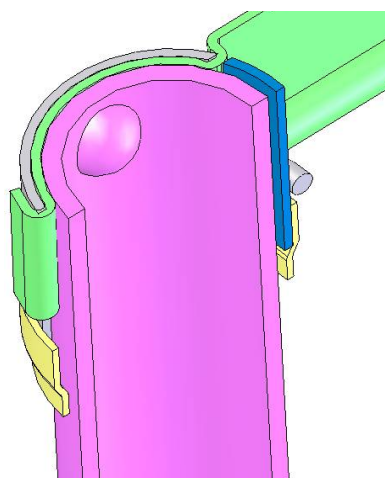
Obr. 4 Řez variantou II

2.3 Varianta III

Další varianta využívá principu předpětí spoje pomocí kosoúhlého elementu. U této varianty je prováděno trubkou na rozdíl od rybiny v předchozí variantě. Tato varianta je nejtěžší, ale její provedení je též nejrobustnější, viz Obr. 5. Spoj je také tvořen objímkou z plechu, která je navíc chráněna převlečnou trubkou, jež spoj předepírá. Konce trubky jsou ukončeny víčky. Spoj má axiální důlky zabraňující posuvu a je pozinkován. Jednotlivé vrstvy jsou znázorněny na Obr. 6.



Obr. 5 Varianta III

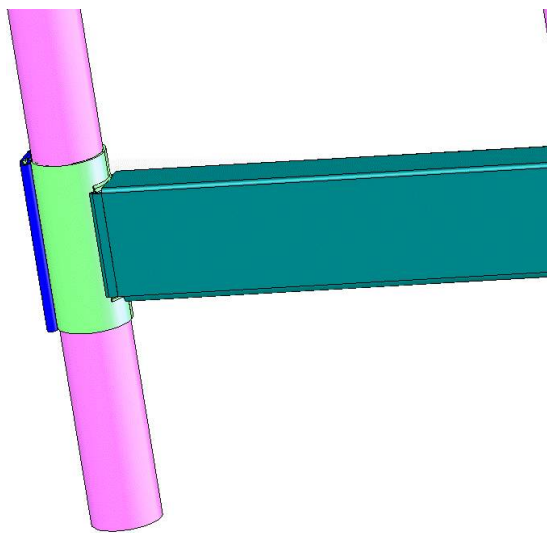


2.4

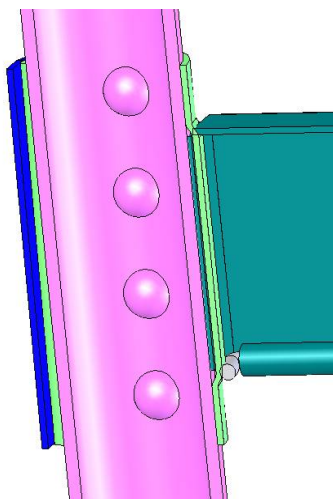
Obr. 6 Řez variantou III

Varianta IV

Výhodou poslední varianty je v největší styčná plocha, viz Obr. 7, jíž je dosaženo tvarově složitější objímkou. Objímka je tvořena z jiného dílu než vlastní příčník, což umožňuje kombinaci materiálů spoje. V řezu na Obr. 8 jsou vidět jednotlivé vrstvy spoje, od svislé trubky, přes objímku až po rybinu předepjatého spoje. Profil příčníku je pojištěn sponou a axiální posuv je znemožněn vlisovanými důlky shodnými s předchozími variantami. Příčník je zde jednodušší konstrukce a místo objímky jsou zde pouze chlopně, které se do objímky vlisují a následně tvoří styčnou plochu v prolisu objímky.



Obr. 7 Varianta IV



Obr. 8 Řez variantou IV

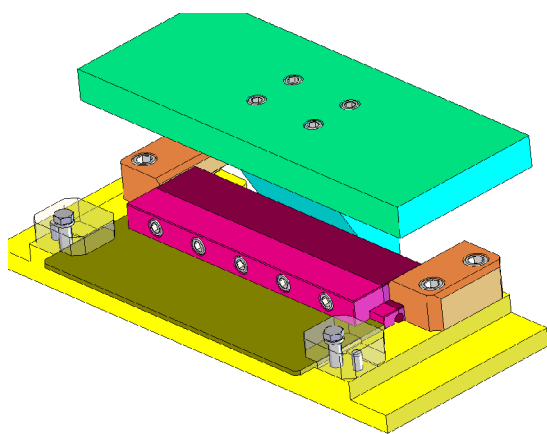
3 Popis nástrojů na výrobu spojů

Tvarová složitost spojů vyžaduje výrobu speciálních nástrojů pro jejich vytvoření. Jedná se o dva nástroje, které budou vytvářet zakončení plechu pro sponu a dále pak budou tvarovat objímku okolo svislé trubky. Výroba nástrojů je nutná, neboť výroba na rovných kovádlech je i na počítačově řízených lisech nemožná. Nástroje byli vytvořeny s univerzálním uchycením pomocí upínek, aby se mohli používat na jakémkoliv lisu.

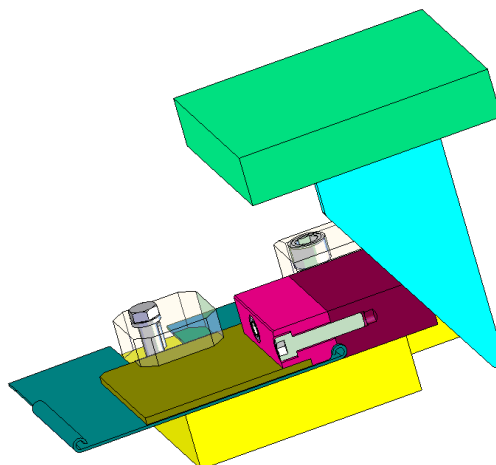
3.1 Nástroj na tvarování lemu příčnicku

Nástroj slouží k zakončení plechu příčnicku v podélné ose. Tento ohyb nahrazuje tzv. zapertlování u svařeného spoje. Do vzniklé dutiny se zasune při montáži spoje spona, která zabraňuje rozevření příčnicku. Sestava se skládá ze dvou částí, tj. z posuvné a pevné. K pevné části se upne výstřížek z plechu a pohybem druhé se vytvoří požadovaný tvar. Celkový pohled na sestavu je na Obr. 9.

Ohyb plechu začíná ustavením výstřížku a připevněním pomocí přidržovače. Dále se vertikálním posunem klínu převádí pohyb na posuvnou část nástroje, která ohýbá plech do daného tvaru. Nástroj je veden dvěma vodícími prvky jež umožňují pouze přímočarý pohyb. Řez nástrojem, viz Obr. 10.



Obr. 9 Nástroj na vytvarování konce plechu



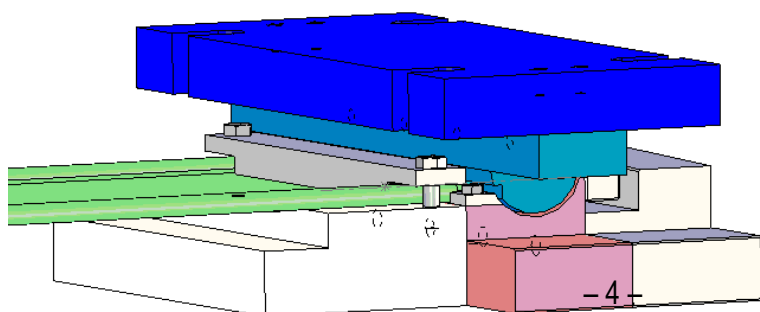
Obr. 10 Řez nástrojem

3.2 Nástroj na vytvarování objímky

Tento nástroj vytváří objímku na konci příčnicku a zároveň ohyb pro rybinu. Ohyb se provádí ve dvou operacích. Nástroj se skládá ze dvou částí, pevné a posuvné. K pevné části je přidržovačem upnut plech. Pohyblivá část se vertikálně posouvá a vytváří objímku. Po přestavení zadní části nástroje na druhý krok se vytvoří obruba pro rybinu. V tomto provedení se vyrobí dvě varianty a pro třetí se musí přišroubovat další díl, který vyplní ohyb, tak aby se plech nedeformoval a plnil svou funkci. Práce na tomto nástroji se bude provádět až po vytvoření dutiny pro sponu na předchozím nástroji.

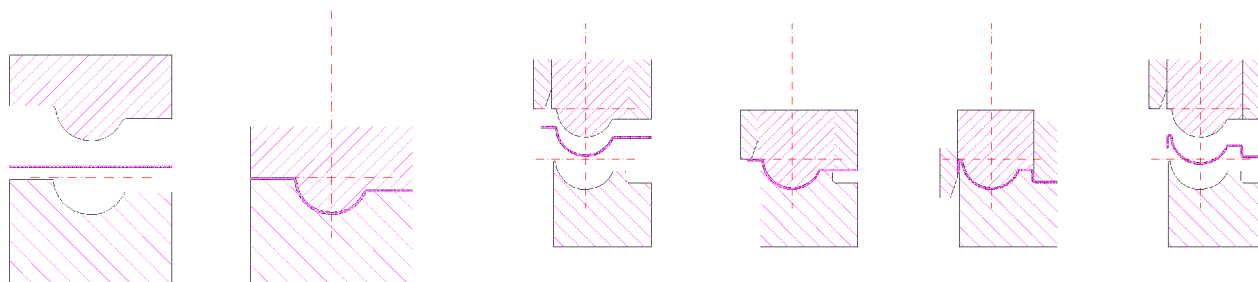
Princip první operace je naznačena na Obr. 12, kde se tvaruje objímka. Nástroj musí mít poloměr rádiusu shodný s vnějším poloměrem trubky. Druhou operací je vytvarování drážek

pro spony. Při této operaci je důležité nepoškodit rádius vytvořený předchozí operací. Princip druhé operace je zobrazen na Obr. 13.



Obr. 11 Varianta IV

Pro dokončení tvaru příčnicku stačí již běžné nástroje na ohyb plechu (rovná kovadla).



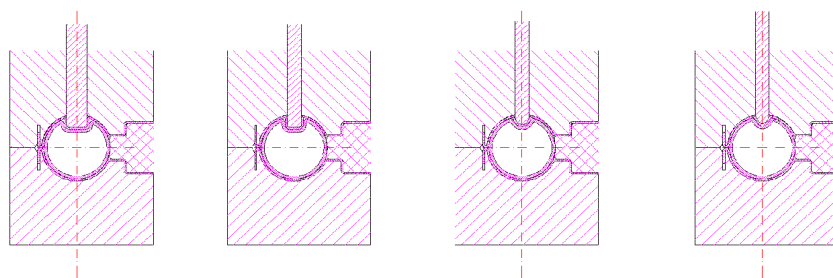
Obr. 12 Princip tvarování objímky – I krok

Obr. 13 Princip tvarování objímky – II krok

Následující operací je montáž spoje a tvorba důlku zabraňujícímu axiálnímu posuvu.

3.3 Způsob vytváření důlků

Poslední lisovací operací je vytvoření důlků vtlačovaných radiálně do příčnicku a trubky. Při této operaci je důležité provést deformaci jen v místě tvarového spoje a zabránit nežádoucím deformacím trubky i příčnicku. Proto je nutné, aby tvářecí nástroje pevně fixovali trubku i příčník. Dalším velmi důležitým faktorem je vhodný tvar špičky tvářecího trnu s ohledem na tažnost materiálu trubky i příčnicku. Vhodný tvar špičky je obtížné předem přesně stanovit. Správný tvar je nutno ověřit praktickými zkouškami. Několik návrhů tvaru tvářecích trnů je zobrazeno na .



Obr. 14 Druhy důlkovacího trnu

4 Závěr

Navrhovaná technologie spojování je předpokládána pro sériovou výrobu vzhledem k její rychlosti a nízkým nákladům na spojování různých profilů a materiálů. Celkové pozinkování spoje zvyšuje jeho pevnost a odolnost proti korozi. Jednotlivé varianty spojů mohou být použity např.: ve stavebnictví pro lešenářské konstrukce nebo pro prutové konstrukce.

Jednotlivé varianty spojů se budou v další etapě řešení projektu vyrábět a zkoušet v mechanické zkušebně. Současně probíhá také simulace MKP (FEM) jednotlivých spojů pro srovnání skutečných a vypočítaných hodnot. Po naladění výpočtového modelu bude provedena pouze simulace spojů pro dále navrhované spoje typu profil-profil a trubka-trubka. Nerozebíratelné spoje z vysokopevných nízkolegovaných ocelí, mohou konkurovat z hlediska hmotnosti a příznivé ceny konstrukcím z hliníku.

Tento příspěvek popisuje výsledky vytvořené v projektu GAČR 101/06/1343 Zvýšení pevnosti nerozebíratelných spojů vysokopevných ocelí.