

Experimentální **A**nalýza **N**apětí **2003**

DETECTION OF RESIDUAL STRESSES OF THE PIPE BEND

ZJIŠŤOVÁNÍ ZBYTKOVÝCH NAPĚTÍ U TRUBKOVÝCH OHYBŮ

Karel Doubrava¹, Stanislav Holý², Zdeněk Kuliš³, Karel Vítek⁴

Residual stresses are induced in the material of structures in almost all manufacturing processes. Presence of residual stresses in construction is undesirable and plenty of finance is spent to remove or reduce it. Pipe bends are produced from rolled weldless pipe by hot forming under temperature between 920 - 980 °C and cooled from this temperature by means of air. Temper annealing is required by ČSN standard 42 0284 in this case, because both ends of pipe were not warm. This operation is very expensive and also has substantially increased production time and following production cost rise. New ČSN standard 130021-6-1 allows omit annealing operation in the case of the "low level" residual stresses in construction. Therefore residual stresses were measured in pipe bend. Hole drilling method was used for determination of residual stresses. Residual stresses were measured in 14 places on the surface of the pipe bend and in one place on comparing pipe. This article describes experiment setting.

Keywords

residual stresses, hole–drilling method, pipe bend

Úvod

Zbytková napětí vznikají téměř při všech technologických operacích. V řadě případů je jejich přítomnost nežádoucí a k jejich odstranění nebo alespoň potlačení se vynakládá nemalá část finančních prostředků. Ne jinak tomu je i v případě hladkých ohybů vyráběných z válcovaných bezešvých trubek tvářením za tepla. Jako polotovary pro výrobu ohybů slouží válcované bezešvé trubky vyrobené z nelegovaných ocelí třídy 11 a 12 větších průměrů i tloušťek. Tyto trubky jsou tvářeny ohýbáním za tepla při tvářecí teplotě v rozmezí 920 - 980 °C (po průchodu induktorem) při teplotách vyšších než je spodní teplota normalizace, a ochlazovány z této tvářecí teploty pouze klidným vzduchem. Jedná se o postup ohýbání vhodný pro trubky, kde poměr vnějšího průměru D a tloušťky t trubky zajišťuje dostatečnou tvarovou stabilitu při ohýbání a nevyžaduje použití vodní sprchy za induktorem pro zvýšení tvarové stability – dochází pouze k malým

¹Ing. Karel Doubrava: Ústav mechaniky, odbor pružnosti a pevnosti, Fakulta strojní ČVUT v Praze; Technická 4, 166 07 Praha 6; tel.: +420-224 352 750, e-mail: doubravk@sgf.fsid.cvut.cz

²Prof. Ing. Stanislav Holý CSc.: Ústav mechaniky, odbor pružnosti a pevnosti, Fakulta strojní ČVUT v Praze; Technická 4, 166 07 Praha 6; tel.: +420-224 352 510, e-mail: holys@fsid.cvut.cz

³Doc. Ing. Zdeněk Kuliš CSc.: Ústav mechaniky, odbor pružnosti a pevnosti, Fakulta strojní ČVUT v Praze; Technická 4, 166 07 Praha 6; tel.: +420-224 352 513, e-mail: kulis@fsid.cvut.cz

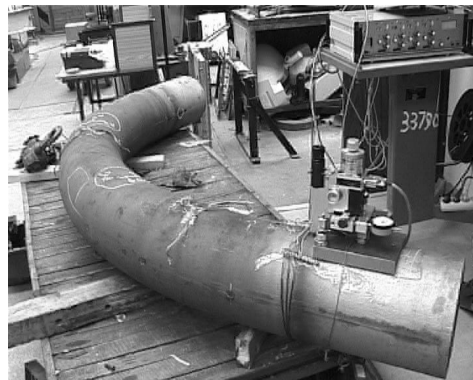
⁴Ing. Karel Vítek CSc.: Ústav mechaniky, odbor pružnosti a pevnosti, Fakulta strojní ČVUT v Praze; Technická 4, 166 07 Praha 6; tel.: +420-224 352 520, e-mail: vitek@fsid.cvut.cz

geometrickým odchylkám od kruhového průřezu s ovalitou v řádově jednotkách procent. Takto jsou ohýbány tlustostěnné trubky s malým poměrem průměru a tloušťky ($D/t = 4,3 - 25$). Podle ČSN 42 0284 je u takto vytvořeného ohybu vyžadováno po tváření za tepla normalizační žíhání a to z důvodu neohřátí obou konců ohybu.

Tato operace je však značně nákladná, podstatně prodlužuje výrobní cyklus, zvyšuje náklady na následnou úpravu značně okujeného povrchu ohybu a často způsobuje tvarové odchylky (např. ovalitu) konců ohybů, které se následně třískově obrábějí. V roce 1998 začala platit ČSN 130021-6-1 a ta dává za jistých podmínek možnost upustit od normalizačního žíhání ohybů. Tyto podmínky stanovují, že pokud se jen samotným tvářením za tepla částí potrubí při teplotách vyšších než teplota přeměny feritu v austenit podaří zabezpečit potřebné mechanické i strukturní vlastnosti kovu a nízkou úroveň zbytkových napětí, tak není třeba normalizačního žíhání dělat. V pracích provedených v Modřanská Potrubní a.s. Praha již bylo u vybraných rozměrů prokázáno, že u ohybů z uhlíkových ocelí s ochlazováním po tváření na klidném vzduchu lze zabezpečit potřebné mechanické i strukturní vlastnosti kovu ohybu (jako má tato ocel po normalizačním žíhání) i bez následného normalizačního žíhání. Dosud však nebyla u ohybů nikdy měřena hladina zbytkových napětí. Proto bylo provedeno měření zbytkových napětí u dodaného ohybu.

Uspořádání experimentu

Zjišťování zbytkových napětí bylo provedeno pomocí odvrtávací metody. Byl použita souprava RESTAN italské firmy SINT, u které je vrtání prováděno pomocí vysokootáčkové vzduchové turbíny. Tato souprava byla dále doplněna o dynamickou tenzometrickou ústřednu MIKROTECHNA M1001, vzduchový kompresor a řídicí počítač PC486. Pomocí přípravku byly vrtány otvory o průměru 1,6 mm do hloubky 2 mm. Pro měření uvolněných deformací byly použity speciální tenzometrické růžice RY61S firmy HBM. Měření bylo prováděno na trubkovém ohybu o průměru trubky $D = 273$ mm a tloušťce stěny trubky $t = 16$ mm a poloměru ohybu $R = 1250$ mm. Trubka byla vyrobena z materiálu 12 020.1. Způsob ohýbání – za tepla s indukčním ohřevem na 920 - 980 °C s ochlazením z tvářecí teploty na klidném vzduchu. Pro zjištění úrovně zbytkových napětí byly na ohybu vybrána místa s předpokládanými napětovými extrémy, s tím že kolem daného místa bylo provedeno více měření. Celkem bylo instalováno 14 růžic. Dále bylo provedeno měření na části trubky, která byla odříznuta od ohýbané části po ohybu a dále byla podrobena technologické operaci normalizačního žíhání. Tento vzorek je považován za vzorek referenční pro určení „nízké“ úrovně zbytkového napětí. Uvedená měření by měla pomoci při úpravě technologického postupu s ohledem na snížení výrobních nákladů při zachování či zvýšení kvality výrobku.



Obr. 1: Uspořádání experimentu

Tato práce vznikla za podpory grantů GA ČR 106/02/0612 a GA ČR 101/01/0769

Literatura

- [1] G. S. Schajer: *Measuring of Non-uniform Residual Stresses Using the Hole-Drilling Method*, Journal of Materials and Technology, October 1988, Vol. 110, 338-349, 1988