

THE MEASUREMENT OF FORCES AND TENSIONS AT STRIP ROLLING AND COILING

P. Macura*, A. Fiala*

Summary: *The paper is devoted to the practical applications of methods of experimental mechanics to the specific problems at product of steel strips. The use of two methods of experimental stress analysis – photoelasticity and strain gauge method – is demonstrated at design of rolling forces transducers and transducers for strip tension measurements at strip rolling and coiling. The rolling mill with strip coilers makes up the mechanical system and the measured values of rolling forces and strip tensions are the basic parameters for the correct control of technological process.*

1. Úvod

Pro správné řízení technologického procesu válcování tenkých pásů za studena je nutné měřit válcovací síly na obou stojanech válcovací stolice i průběh tahu po šířce pásu při jeho navíjení na navíječkách. Ve Válcovnách plechu Frýdek-Místek se tenké pásy válcují za studena na dvou kvartostolicích, z nichž jedna byla nedávno rekonstruována a vybavena elektrohydraulickým stavěním válců za tlaku a stressometrem pro měření rozložení tahů po šířce pásu od firmy ASEA, na druhé válcovací stolici kvarto byly instalovány snímače pro měření válcovacích sil a pro měření tahů v pásu, navržené a dodané autory tohoto příspěvku. Vzhledem k tomu, že snímače tahu v pásu na rekonstruované stolici pod stressometry byly po krátké době provozu zničeny a náhradní díly jsou velmi drahé, byly tyto snímače nahrazeny rovněž snímači vlastní konstrukce. V příspěvku je dále stručně popsána problematika válcování tenkých pásů za studena, konstrukce vlastních snímačů a zkušenosti s jejich nasazením v těžkých provozních podmínkách.

2. Problematika válcování tenkých pásů za studena

Vstupním materiálem pro válcování tenkých pásů za studena jsou svitky tloušťky okolo 3 mm, válcované za tepla zpravidla na spojitých tratích anebo na stolici STECKEL. Aby při válcování za tepla byly svitky automaticky středěny v podélné ose válcovací tratě, musí být jejich příčný profil mírně soudkovitý. Po válcování za studena však musí být tloušťka pásu po šířce i po délce v přísných tloušťkových tolerancích, což znamená, že vstupní soudkovitost,

* Prof. Ing. Pavel Macura, DrSc., Ing. Antonín Fiala : Katedra pružnosti a pevnosti, VŠB-TU Ostrava; 17. listopadu 15; 708 33 Ostrava - Poruba; tel.: +420.596 993 598, fax: +420.596 916 490; e-mail: pavel.macura@vsb.cz

případně vadná klínovitost se musí během válcování za studena odstranit. To však může mít za následek vznik vlnitosti pásu po válcování. Aby k vlnitosti nedošlo, musí se válcovací mezera a tím i profil pásu měnit pozvolně, kriteria pro správné vedení úběrových plánů jsou např. v práci Ginzburga (1989). Informace o toku materiálu ve válcovací mezeře udávají jednak velikosti válcovacích sil na jednotlivých stojanech, jednak snímače tahů v pásu.

Tvar válcovací mezery je nutno během procesu válcování měnit hlavně v důsledku kolísání vstupního profilu svitku a velikosti válcovací síly jakož i vlivem opotřebení válců. Před válcováním lze válcovací mezeru ovlivnit výměnou různě bombírovaných válců, během válcování pak sekčním chlazením válců, protiohybem válců aj.

3. Snímače válcovacích sil a tahů v pásu

3.1. Rekonstruovaná válcovací stolice kvarto

Tato válcovací stolice nemá speciální snímače pro měření válcovacích sil, tyto síly jsou odvozovány z měření tlaku oleje v obvodu elektrohydraulického stavění válců. Pro měření tahů v pásu je stolice vybavena stressometry na vstupní i výstupní straně, aby bylo možné měření tahů v pásu při vratném válcování. Stressometr sestává z měřicího válce, rozděleného do 22 sekcí, které měří tah v pásu ve 22 místech po šířce pásu. Měřicí válec je na každé straně uložen v ložiskových tělesech, pod nimiž jsou uloženy snímače pro měření celkové tahové síly v pásu. Jsou to patentované magnetoinduktivní snímače firmy ASEA, sestavené z tenkých plechů, které se však po poměrně krátké době provozu zhroutily. Výrobce odmítá nahradit pouze zničené snímače, trvá na výměně celého uložení válce stressometru v ceně zhruba jednoho milionu korun. Na žádost provozovatele autoři provedli konstrukční návrh podstatně tužších tenzometrických snímačů, které už jsou v provozu nasazeny a jejichž cena je zlomkem ceny, požadované původním výrobcem. Porušený snímač je ukázán na obr. 1, nově navržený snímač na obr. 2.

3.2. Válcovací stolice se snímači vlastní konstrukce

Na nákladnou rekonstrukci druhé stolice kvarto neměl provozovatel investiční prostředky a proto se provedlo její vybavení základními snímači válcovacích sil a tahů v pásu levně dle návrhů autorů příspěvku. S původními snímači válcovacích sil, což byly v podstatě okopírované snímače firmy ASEA, měl provozovatel velmi špatné zkušenosti, protože je bylo nutno velmi často a velmi zdoluhavě cejchovat přímo ve válcovací stolicí, čímž vznikaly dlouhé prostoje při válcování. Proto se nahradily novými tenzometrickými snímači se střížnými měrnými členy pro jmenovité zatížení 9 MN dle autorského osvědčení AO 251 175.

Měřením tahů v pásu stolice vybavena nebyla a proto bylo třeba vymyslet zcela nový způsob měření s minimálními zásahy do stávající konstrukce stolice a navíječek. Přitom bylo nutno měřit nejen celkový tah v pásu, ale i jeho nerovnoměrnost na levém a pravém okraji, protože při nerovnoměrném utažení závitů svitku může dojít při následném žíhání v poklopových pecích ke svaření na straně příliš utažených závitů svitku.

K měření se využilo uložení napínacího válečku mezi stolicí a navíječkou, viz obr. 3 a obr. 4. Jako měrné členy se využily konzoly, na kterých jsou připevněna ložisková tělesa ložisek napínacího válečku. Aby byly snímače dostatečně citlivé, byly konzoly zeslabeny kruhovými otvory, které sloužily zároveň jako chráněná místa pro nalepení tenzometrů,

protože snímače musí pracovat pod silným proudem chladicí a mazací emulze. Pro dimenzování snímačů a určení nejvhodnějších míst pro nalepení tenzometrů se použila fotoelasticimetrická metoda. Vyrobit se model z opticky aktivního materiálu CT 200 a provedla se měření a vyhodnocení průběhů napětí při různých průměrech odlehčovacích otvorů. Na obr. 5 je uveden zjištěný průběh izochromatických čar v okolí otvoru, který byl vyhodnocen jako optimální a který byl použit u vyrobených snímačů. Na obr. 6 jsou pak vykresleny zjištěné průběhy napětí podél kruhového otvoru a podél horního povrchu konzoly v blízkosti kruhového otvoru. Na základě nich byla zvolena optimální místa pro nalepení tenzometrů. Zajímavý je průběh napětí podél horního povrchu konzolového nosníku, kdy ohybové napětí v blízkosti kruhového otvoru přechází do tlakových hodnot.

Měřicí zařízení tahu v pásu pak sestává ze dvou snímačů ve tvaru konzolových nosníků, na které se přenáší složka tahové síly v pásu přes ložisková tělesa na levé a pravé straně napínacího válečku. Součet výstupních signálů snímačů udává celkový tah v pásu, jejich rozdíl pak signalizuje nerovnoměrnost tahu v pásu mezi levým a pravým okrajem. Výstupní signály jsou tedy napojeny na součtový – rozdílový zesilovač a součtový a rozdílový výstup pak na dvě měřidla, podle nichž řídí obsluha válcovací stolice proces válcování a navíjení pásu. Obsluha tak má k dispozici potřebné parametry válcovacích sil a tahů v pásu ze spolehlivých snímačů za příznivou cenu.

4. Závěr

V příspěvku jsou stručně popsány zkušenosti s návrhy a provozním nasazením tenzometrických snímačů pro měření válcovacích sil a tahů v pásu při jeho válcování za studena a navíjení. Pro měření válcovacích sil autoři vyvinuli tenzometrické snímače se stříhovými měrnými členy pro široký rozsah měřených sil. Tyto snímače mají velmi nízkou stavební výšku a lze je přizpůsobit „na míru“ pro stávající i nově navrhované válcovací stolice, lisy a podobná zařízení.

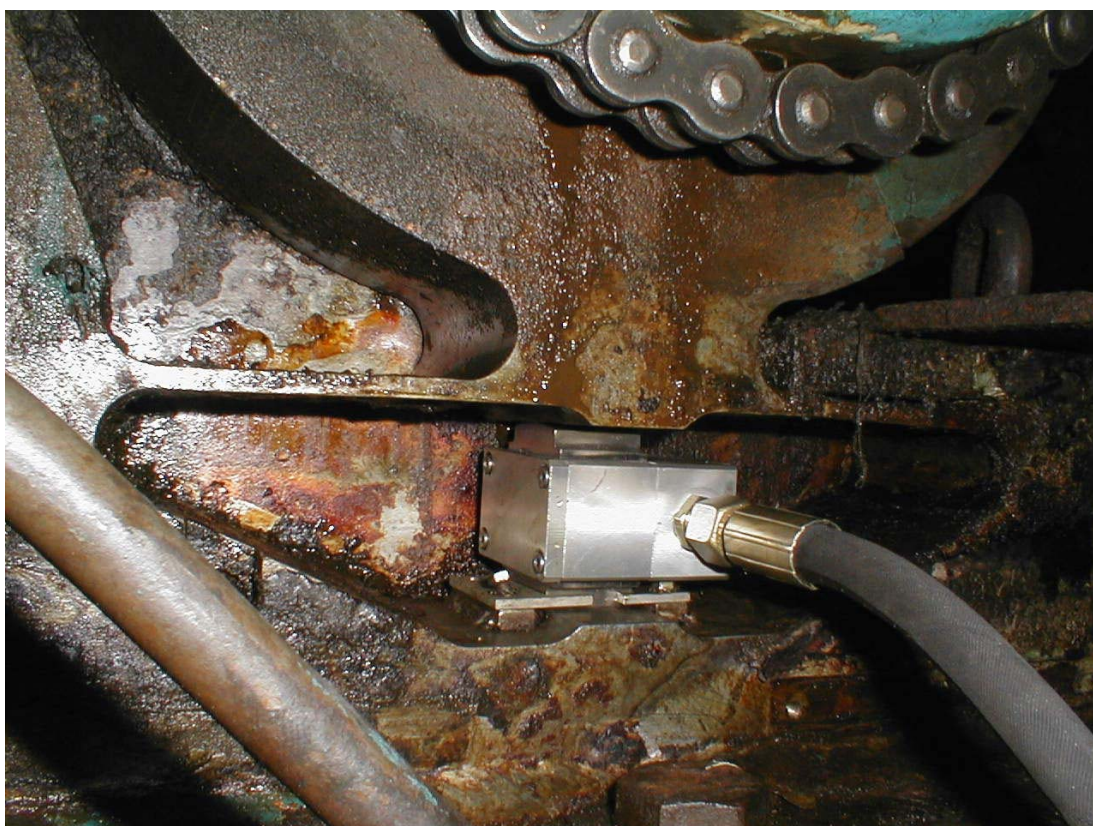
Pro měření tahů v pásu se provedly návrhy snímačů jednak jako náhrada porušených snímačů firmy ASEA, jednak vlastních snímačů, umožňujících měření nejen celkového výsledného tahu v pásu, ale i jeho nerovnoměrnost rozložení na levém a pravém okraji pásu. Měřené veličiny válcovacích sil a tahů v pásu jsou základními parametry pro řízení válcovacího procesu.

5. Literatura

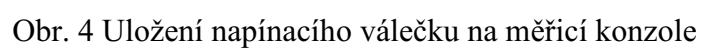
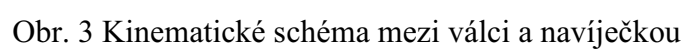
Ginzburg, V.B. (1989) Steel – Rolling Technology, Theory and Practice. Marcel Dekker, Inc., New York and Basel.

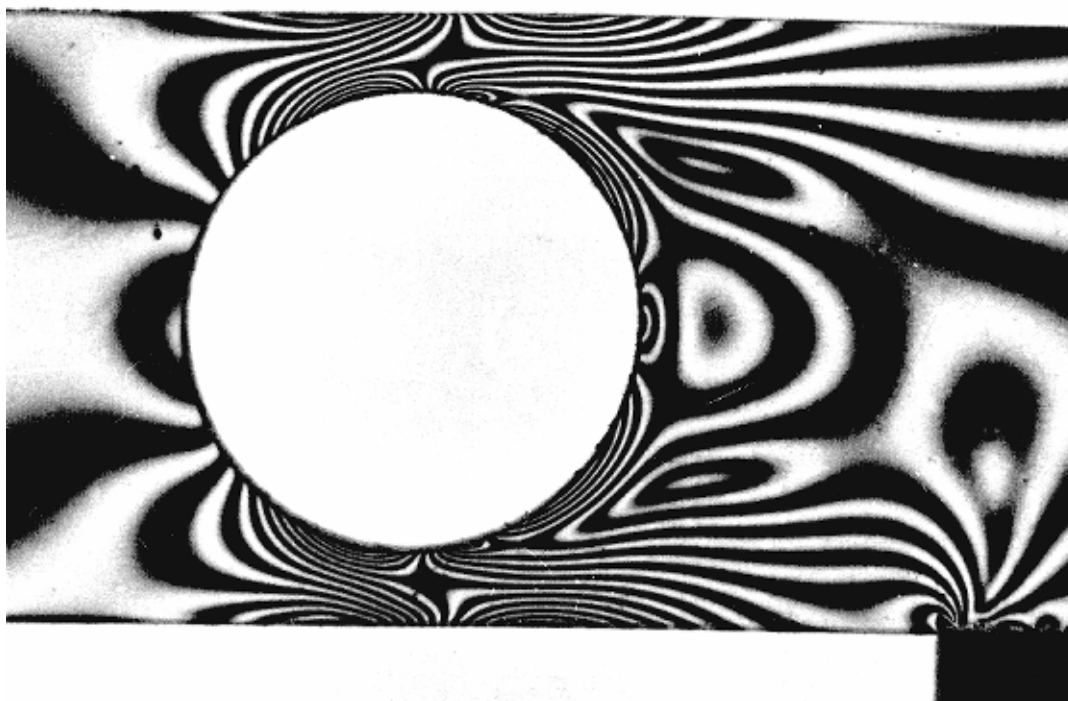


Obr. 1 Rozdrcený snímač firmy ASEA

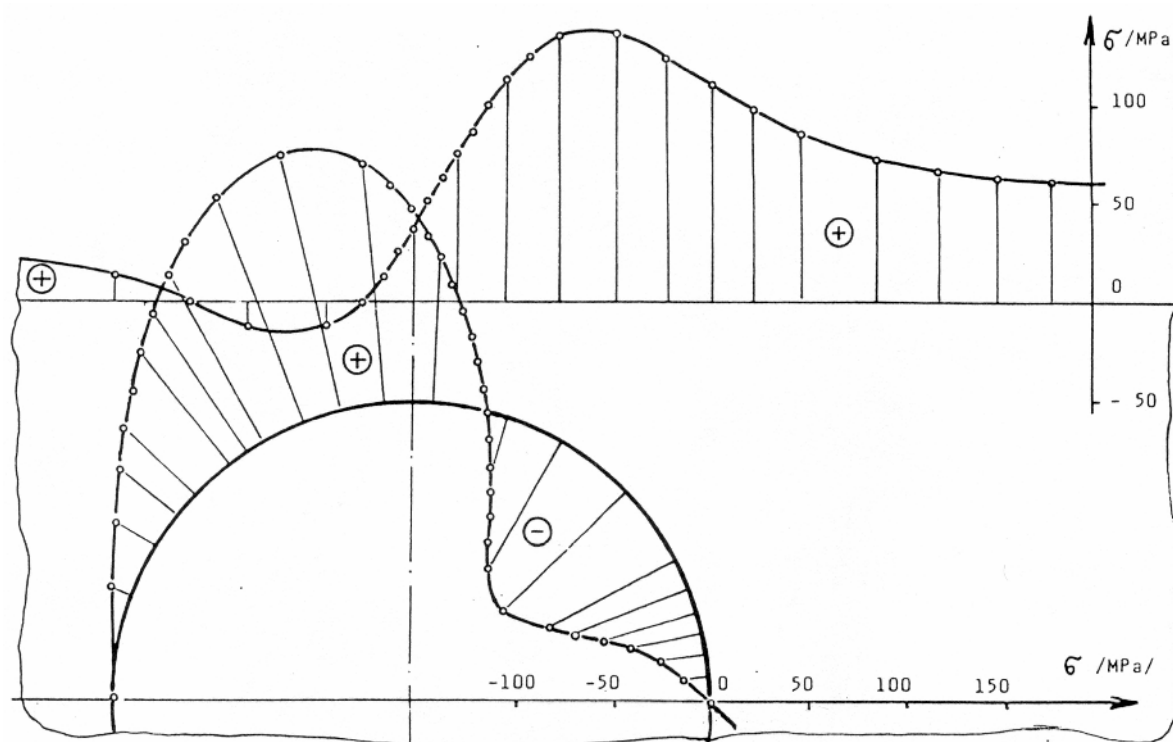


Obr. 2 Tenzometrický snímač vlastní konstrukce





Obr. 5 Izochromatické čáry polovičních řádů v okolí kruhového otvoru v konzole



Obr. 6 Průběhy napětí podél kruhového otvoru a horního povrchu měřicí konzoly