



**Experimentální Analýza Napětí 2001**

Experimental Stress Analysis 2001

**39<sup>th</sup> International Conference**

June 4 - 6 , 2001 Tábor, Czech Republic

## **RESIDUAL STRESSES AFTER ROLLING AND ROLL BENDING OF STRIPS**

### **ZBYTKOVÁ NAPĚTÍ PO VÁLCOVÁNÍ A ZKRUŽOVÁNÍ PÁSŮ**

\* Pavel Macura, Antonín Fiala

*The paper is devoted to the measurement of residual stresses after rolling and roll bending of strips. The results are a part of the extensive measurement of residual stresses at the production of spiral welded tubes. The strips were rolled on the Steckel rolling mill. The measurements were performed after rolling, roll bending, spiral welding and pressure testing. The aim of the measurements is to find out the residual stress levels for the next research of problems of stress corrosion cracking at the welded pipelines. The measurements were performed by means of the hole-drilling strain gage method.*

**Key words:** residual stresses, hole-drilling method, spiral welded tubes

#### **1. Úvod**

Životnost plynovodů ze svařovaného potrubí je výrazně ovlivněna korozí, zvláště pak korozí pod napětím. Napětí v potrubí mohou vznikat jednak od mechanického zatížení vnitřním přetlakem, uložením aj., jednak v něm mohou zůstat zbytková napětí vzniklá během technologického procesu výroby svařovaných trub. Pro zjištění a zmapování vývoje zbytkových napětí během výroby spirálově svařovaných trub se provedlo poměrně rozsáhlé měření, jehož dílčí výsledky jsou uvedeny v předloženém příspěvku. Měření zbytkových napětí se provedlo jednak ve výchozím pásu po jeho válcování na válcovací stoličce Steckel, rozvinutí a rovnání před zkružováním, jednak po jeho zkružování, dále pak po jeho svaření a po tlakování. V tomto příspěvku je uvedena pouze část výsledků měření zbytkových napětí po prvních etapách technologického postupu výroby válcování a zkružování.

#### **2. Postup a výsledky měření**

Měření zbytkových napětí se provedla pomocí odvrtávací metody, počet měřicích míst byl 120.

Zbytková napětí po válcování se měřila na dvou pásech tloušťky 8mm z materiálu jakosti dle ČSN 11378. Ze začátku, středu a konce pásů se odebraly zkušební vzorky, jejichž rozměry a místa nalepení tenzometrických růžic jsou patrné z obr.1. Všechna měření se provedla na povrchu pásů, který byl vnitřní stranou pozdější trubky, pouze u vzorku ze středu prvního pásu, označeného jako S1-S, se měření provedla i na opačném povrchu vzorku, tj. na vnějším povrchu budoucí trubky. Naměřené hodnoty hlavních napětí v příčném řezu vzorku

---

\* Prof. Ing. Pavel Macura, DrSc, Ing. Antonín Fiala, katedra pružnosti a pevnosti, Fakulta strojní, VŠB – TU Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava – Poruba, tel. 069 – 699 - 3598

S1-S jsou vykresleny na obr.2 a obr.3, zjištěná zbytková napětí u středového vzorku druhého pásu, označeného jako vzorek S2-S, jsou uvedena na obr.4. Z obrázků je vidět, že na okrajích pásů je zpravidla jedno hlavní napětí tahové a druhé tlakové, uvnitř pásů jsou obě hlavní napětí tahová. Maximální hodnoty zbytkových napětí jsou zhruba 100MPa, na okrajích pásů tlaková, uvnitř pásů tahová. Napjatost ve vyšetřovaných bodech je charakterizována ještě směry hlavních napětí, případně redukováným napětím dle některé hypotézy. Podrobné výsledky měření včetně naměřených poměrných deformací jsou uvedeny v práci [1].

Následující technologickou operací při výrobě spirálově svařovaných trub je zkružování pásu. Při ní se musí povrch pásů dostat do oblasti plastických deformací, po nichž se změní rozložení zbytkových napětí ve zkruženém pásu. Pro zjištění zbytkových napětí po zkružování a před svařováním se odebraly zkružené a částečně nesvařené vzorky. Pak se ve vzdálenosti 7mm od ofrézovaných okrajů, což odpovídalo místům měření na okrajích nezkrúžených pásů, provedla měření zbytkových napětí. Výsledky měření jsou uvedeny na obr.5, měřená místa jsou znázorněna formou malých krychliček natočených do směrů působení hlavních napětí. V levé části obrázku jsou výsledky měření zbytkových napětí před zkružováním, pravá část obrázku znázorňuje zbytkovou napjatost po zkružování. Z obrázku je zřejmý nárůst zbytkových napětí po zkružování.

U všech zkružovaných vzorků se provedlo i měření zbytkových napětí na vnitřním povrchu trubky v místech protilehlých provedenému i neprovedenému svaru. Výsledky měření jsou uvedeny na obr.6. Velké rozdíly ve výsledcích měření lze vysvětlit i tím, že některé vzorky byly měřeny až po technologické operaci tlakování.

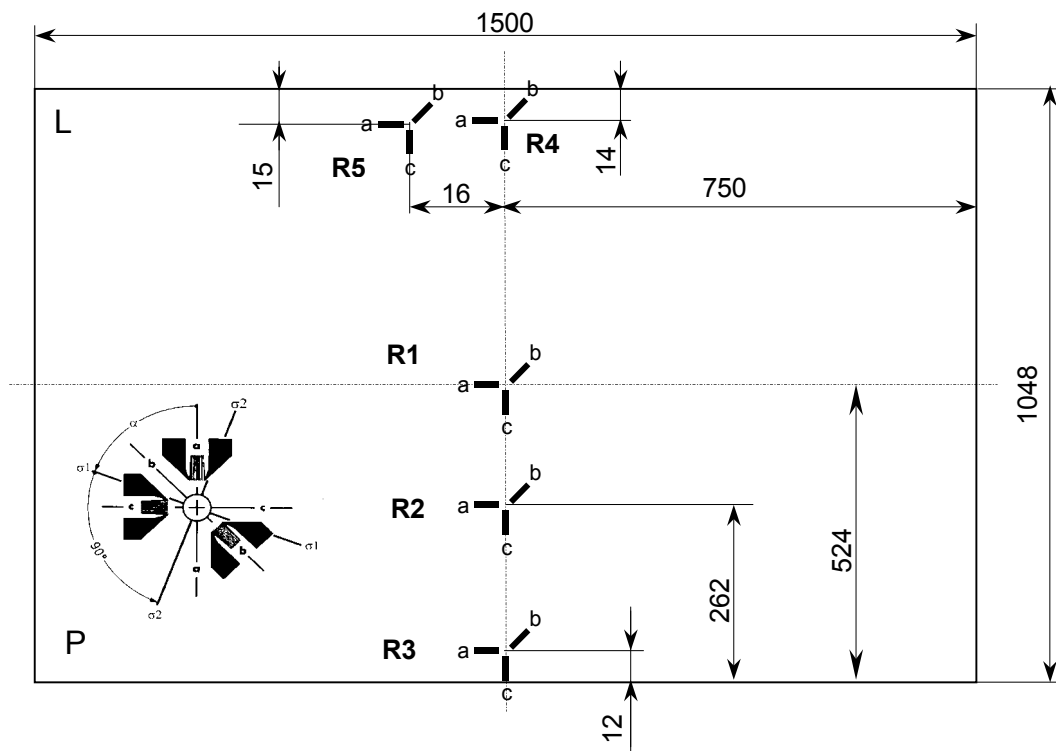
### 3. Závěr

V příspěvku jsou uvedeny některé dílčí výsledky měření zbytkových napětí, získané v rámci výzkumu vlivu různých technologických postupů výroby spirálově svařovaných trub na jejich úroveň. Zjišťovaly se vlivy různých technologií válcování, zkružování, svařování a tlakování jak na výsledné hodnoty, tak i na vývoj zbytkových napětí po jednotlivých technologických operacích. Získané výsledky umožnily posoudit a vybrat vhodnější varianty technologických postupů k dosažení nižší úrovně zbytkových napětí po výrobě. Zhodnocení vlivů různých variant technologických postupů na úroveň zbytkových napětí je provedeno v práci [2].

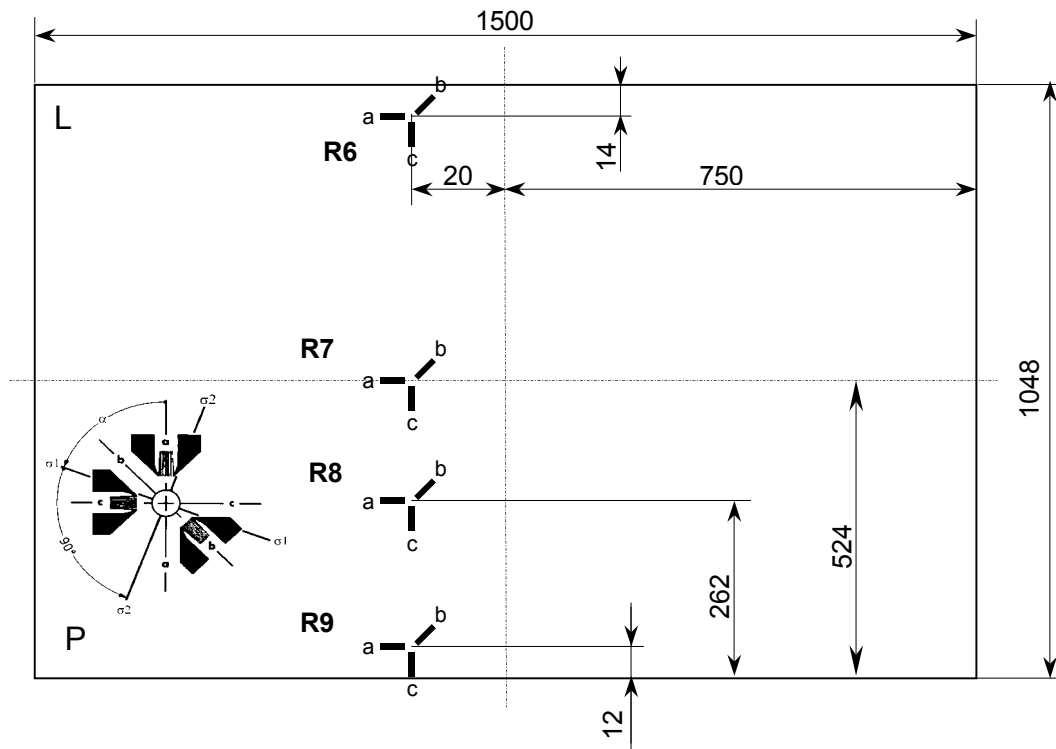
### LITERATURA

- [1] Macura, P. a kol.: Zpráva z měření zbytkových napětí svařovaných trub. VŠB-TU Ostrava, listopad 200
- [2] Hennhofer, K. a kol.: Měření vnitřních pnutí na svařovaných trubkách. Český svářečský ústav, listopad 2000.

**Vzorek : S1-S vnitřní strana trubky**  
**Specimen : S1-S The internal side of tube**

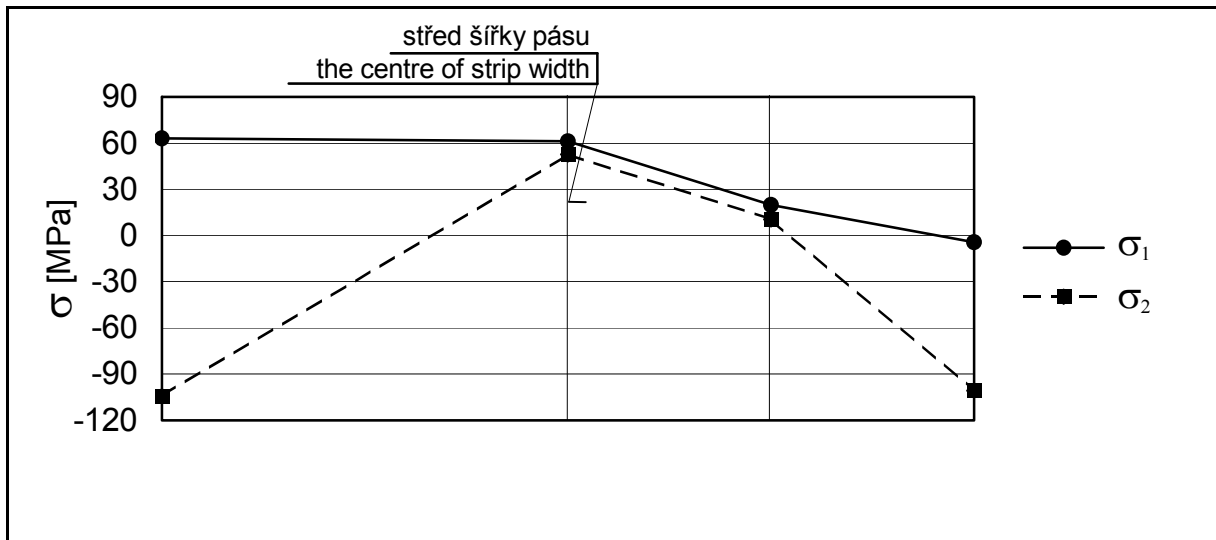


**Vzorek : S1-S vnější strana trubky**  
**Specimen : S1-S The external side of tube**



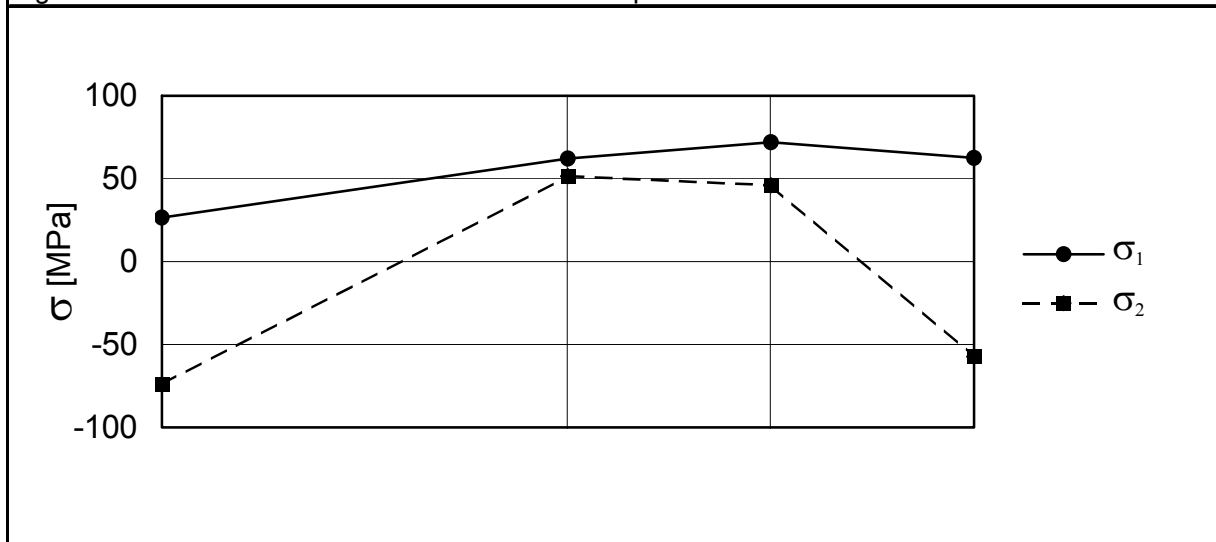
Obr.1 : Poloha tenzometrických růžic na vzorcích pásů

Fig. 1 : The position of strain gage rosettes at strip specimens



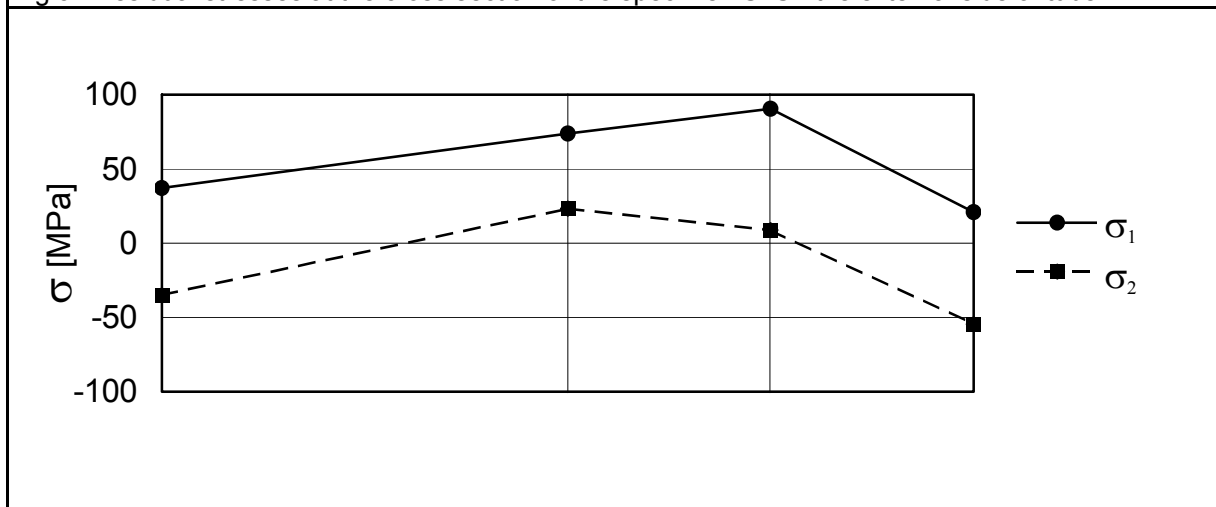
Obr. 2 : Zbytková napětí v příčném řezu vzorku S1S - vnitřní povrch trubky

Fig.2 : Residual stresses at the cross section of the specimen S1S - the internal side of tube



Obr.3 : Zbytková napětí v příčném řezu vzorku S1S - vnější povrch trubky

Fig.3 : Residual stresses at the cross section of the specimen S1S - the external side of tube



Obr.4 : Zbytková napětí v příčném řezu vzorku S2S - vnitřní povrch trubky

Fig.4 : Residual stresses at the cross section of the specimen S2S - the internal side of tube

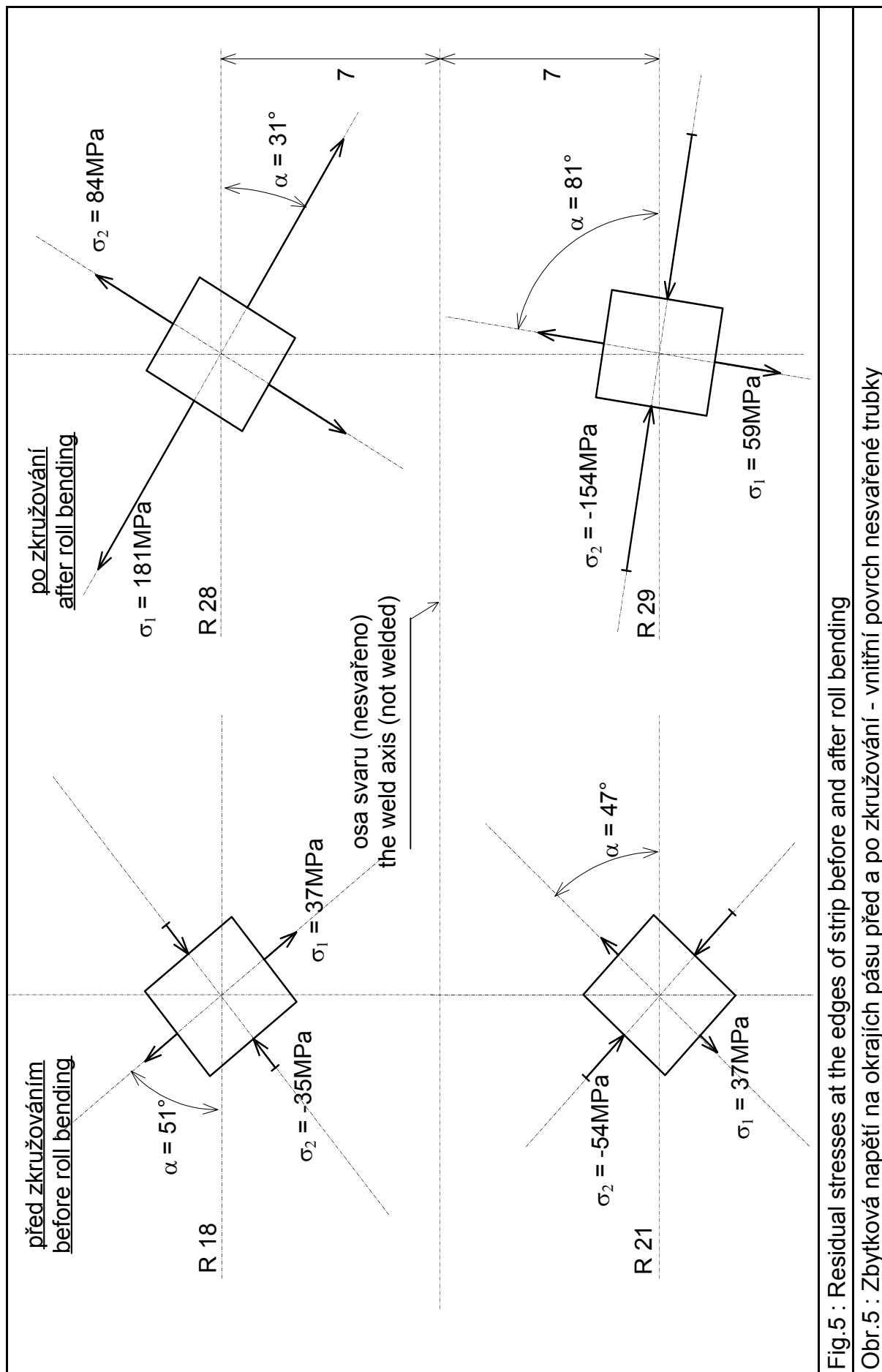


Fig.5 : Residual stresses at the edges of strip before and after roll bending

Obr.5 : Zbytková napětí na okrajích pásu před a po zkrúžování - vnitřní povrch nesvařené trubky

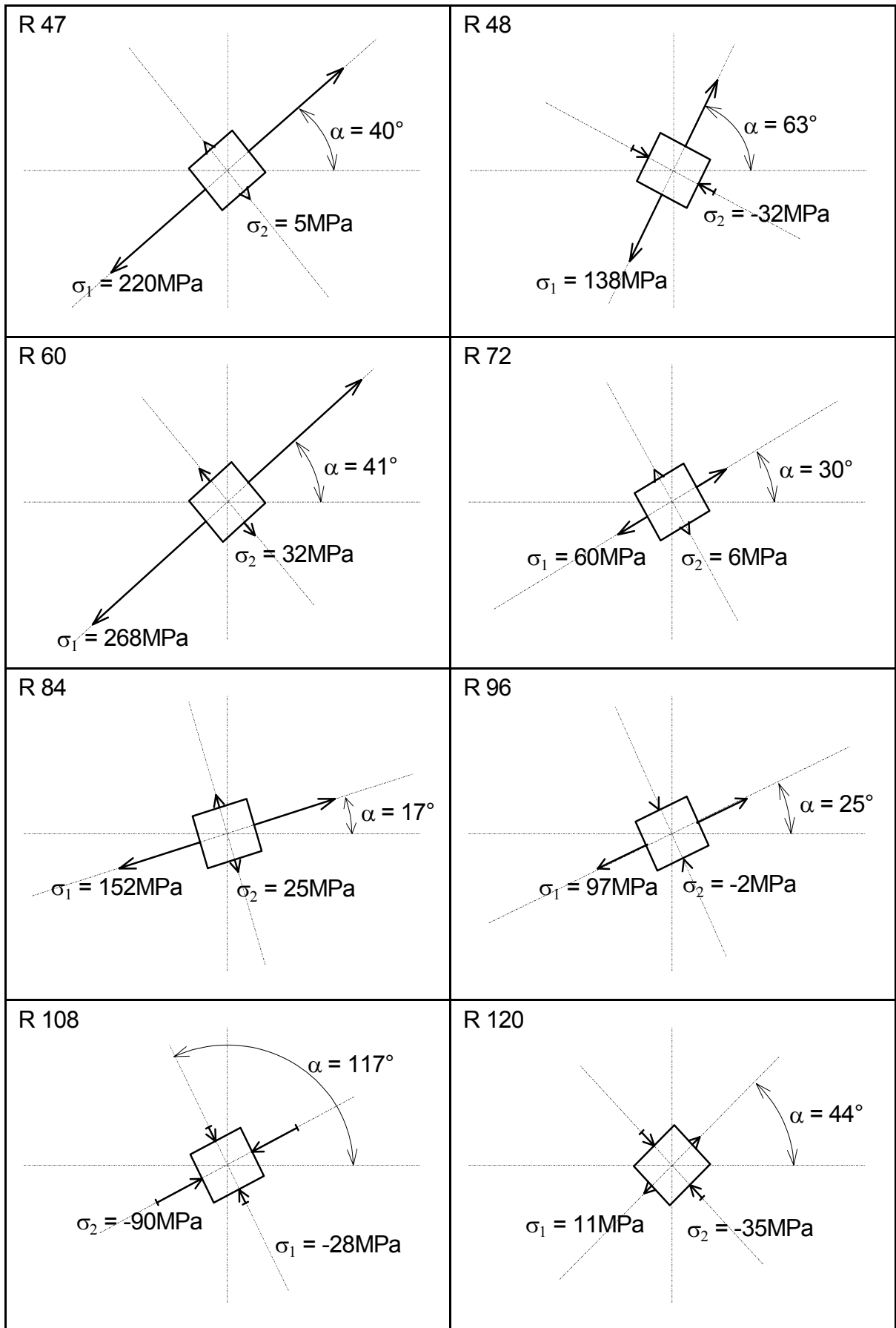


Fig.6 : Residual stresses inside of the welded tubes at the opposite side of weld

Obr.6 : Zbytková napětí uvnitř svařených trubek oproti svaru