

# ASPEKTY OVLIVŇUJÍCÍ STANOVENÍ OBSAHU DELTA FERITU V AUSTENITICKÝCH KOROZIVZDORNÝCH OCELÍCH

## ASPECTS INFLUENCING THE DETERMINATION OF DELTA FERRITE CONTENT IN AUSTENITIC STAINLESS STEELS

Petr Ducháček, Marek Palán a Zdeněk Čančura

ČEZ, a. s., Technika jaderných elektráren, Řízení zvláštních procesů a technické kvality

### Abstrakt

Příspěvek se zabývá problematikou stanovování obsahu delta feritu v austenitických korozi-vzdorných ocelích. Delta ferit u těchto ocelí společně s dalšími faktory ovlivňuje míru ná-chylnosti ke vzniku horkých trhlin při jejich svařování. Hodnocen je zejména vliv a míra vlivu zpracování oceli z litého stavu formou tváření na podíl delta feritu ve struktuře. V rámci pří-spěvku je detailně popsán průběh experimentálního ověření. Výsledky experimentálního ově-ření potvrdily, že ačkoliv lze říci, že obsah delta feritu je funkcí chemického složení, podíl delta feritu ve struktuře oceli se mění v závislosti na míře přetváření oceli z litého stavu.

### Abstract

The paper deals with the problem of determining the delta ferrite content in austenitic stain-less steels. Delta ferrite in these steels, together with other factors, affects the degree of the susceptibility to hot cracking during welding. Particularly is evaluated the influence and the degree of influence of the processing of steel from the cast state in the form of forming on the share of delta ferrite in the structure. The article describes in detail the course of experimental verification. The results of the experimental verification confirmed, that although the delta fer-rite content can be said to be a function of the chemical composition, the proportion of delta ferrite in the steel structure varies depending on the degree of deformation of the steel from the cast state.

### Úvod

Obsah delta feritu se stanovuje na výchozím polotovaru pro výrobu trubek, tedy ingotu nebo sochoru v případě výroby bezešvých trubek. Na základě obecných rozdílů mezi hodnotami ob-sahu delta feritu stanovovaných ve výrobě a uváděných v inspekčních certifikátech (stanovo-vaných na litých polotovarech, tavebních vzorcích), a skutečně stanovovanými hodnotami ob-sahu delta feritu v rámci expertních posouzení (stanovovaných na tvářených polotovarech) byla na základě provedené literární rešerše a diskuze s odborníky z oblasti materiálového inženýrství přijata teorie, že při zpracování, tváření výchozích hutních polotovarů, dochází k dosud exaktně nepopsané transformaci delta feritu. Transformací dochází ke snížení obsahu delta feritu v mi-krostruktuře základního materiálu.

Za účelem potvrzení/vyvrácení naznačené teorie bylo provedeno experimentální ověření uvedené v kapitole Experimentální ověření způsobu stanovování obsahu delta feritu.

### Literární rešerše

Níže je v textu uvedena stručná literární rešerše v návaznosti na vliv obsahu delta feritu na odolnost proti vzniku horkých trhlin a vliv tváření, případně tepelného zpracování, na obsah delta feritu v oceli.

Citace z normy ČSN EN 1011-3, Příloha A (informativní), A.1.2:

*„Austenitické korozi-vzdorné oceli obsahují austenitickou matici, která může u určitých ocelí obsahovat malé množství delta feritu, přičemž množství feritu se během svařování zvyšuje i bez přidání přídavných materiálů. Jiné druhy ocelí jsou i po svařování plně austenitické, bez obsahu feritu.“ [1]*

Už norma ČSN EN 1011-3 připouští teorii, že při svařování austenitických korozivzdorných ocelí, které jsou obvykle ve formě tvářených polotovárů, dochází při pouhém přetavení svařováním ke zvýšení obsahu delta feritu v mikrostruktuře těchto ocelí.

Citace z normy ČSN EN 1011-3, Příloha A (informativní), A.3.1:

*„Způsob krystalizace má značný vliv na odolnost vůči vzniku teplotních trhlin. Austenitické korozivzdorné oceli mohou krystalizovat jako ferit, austenit nebo směs těchto fází v závislosti na chemickém složení. Následkem feritické krystalizace je daleko nižší citlivost na vznik teplotních trhlin. Z toho důvodu je chemické složení standardních austenitických korozivzdorných ocelí takové, aby došlo k feritické krystalizaci, a obsah feritu byl  $\geq 3$  FN se sníženým nebezpečím vzniku krystalizačních trhlin (viz EN ISO 8249 pro měření obsahu feritu).“ [1]*

Citace z vědeckého článku Delta ferrite influence in AISI 321 stainless steel welded tubes:

*“The delta ferrite content decrease dramatically after hot rolling then by annealing of hot rolled materials. After cold rolling and annealing, the delta ferrite content decrease even more.” [2]*

Výše uvedená vědecká citace potvrzuje teorii, že zpracování oceli z litého stavu má významný vliv na obsah delta feritu v mikrostruktuře oceli. S rostoucí mírou přetváření dochází ke zvýšenému poklesu obsahu delta feritu.

Pozn. Americké značení oceli AISI 321 odpovídá 1.4541 dle ČSN EN 10027-2. Ocel 1.4541 je dle NTD A.S.I. Sekce II ekvivalentní k 08Ch18N10T.

## Experimentální ověření způsobu stanovování obsahu delta feritu

### Způsob provedení experimentálního ověření

Na základě výše popsaných skutečností bylo provedeno experimentální ověření. Cílem experimentálního ověření bylo potvrzení/vyvrácení teorie, že při tvářením z výchozích hutních polotovárů (ingotů nebo sochorů) do finálních výrobků, v podobě bezešvých trubek, dochází k dosud exaktně nepopsané transformaci delta feritu. Transformací dochází ke snížení obsahu delta feritu v mikrostruktuře základního materiálu.

Základní materiál použitý pro experimentální ověření je uveden v tab. 1 a tab. 2.

Tab. 1: Základní materiál – první vzorek

<b>Označení vzorku</b>	RZPaTK/DF/20/01
<b>Provedení</b>	Ohyb trubkový
<b>Rozměr</b>	89x8 mm, K30°, R230
<b>Materiál</b>	08Ch18N10T
<b>Tavba číslo</b>	10473

Tab. 2: Základní materiál – druhý vzorek

<b>Označení vzorku</b>	RZPaTK/DF/20/02
<b>Provedení</b>	Ohyb trubkový
<b>Rozměr</b>	89x8 mm, K60°, R230
<b>Materiál</b>	08Ch18N10T
<b>Tavba číslo</b>	10473

V průběhu provádění experimentálního ověření byla použita zařízení uvedená v tab. 3.

Tab. 3: Použitá zařízení

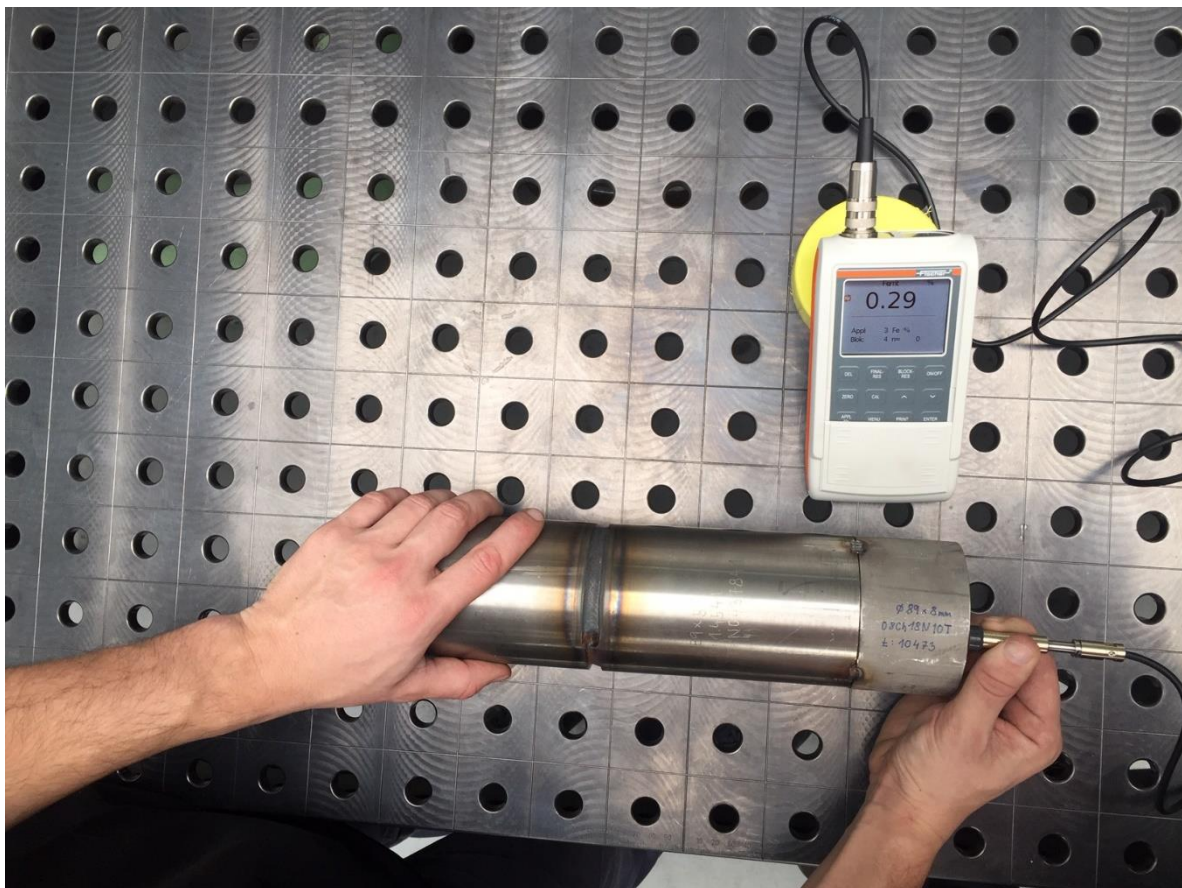
Název zařízení	Typ	Výrobní číslo
Zdroj proudu	P6 CW	1846649
Svařovací hlava	MU IV 50/128 AVC/OSC CW /C/	18106278
Feritometr	FERITOSCOPE FMP30	100122409

Experimentální ověření spočívalo v několika krocích:

- Příprava sestavy k provedení experimentálního ověření.

- Provedení stanovení obsahu delta feritu pomocí feritometru na čele (očistěná plocha) trubky, viz obr. 1.
- Přetavení základního materiálu trubky provedením jednoho celoobvodového průchodu metodou 142 dle ČSN EN ISO 4063 (dále jen 142) prostřednictvím orbitální svařovací hlavy, viz obr. 2 a obr. 3.
- Po přetavení základního materiálu, opakované provedení stanovení obsahu delta feritu pomocí feritometru na čele (očistěná plocha) trubky, viz obr. 4.
- Provedení stanovení obsahu delta feritu pomocí feritometru v oblasti přetavení základního materiálu, viz obr. 5.

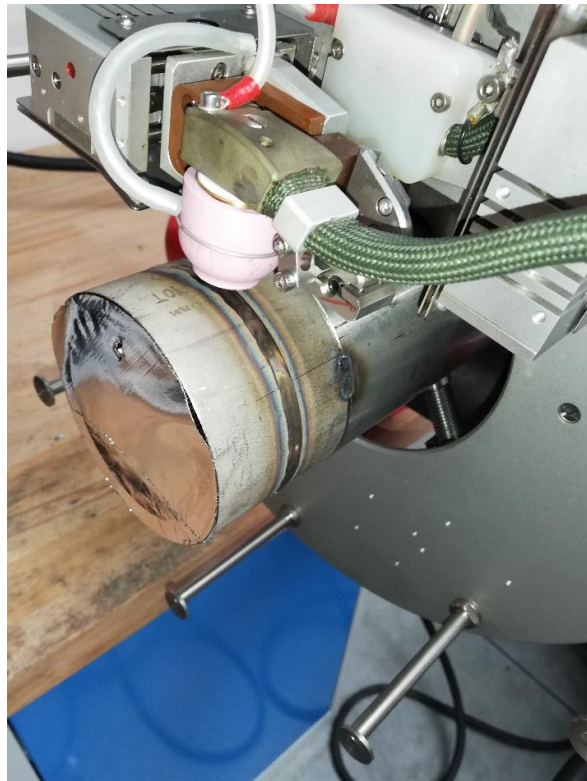
Účelem výše popsanych kroků bylo odebrání odpovídající délky základního materiálu, určeného k provedení experimentálního ověření, pro přípravu sestavy, tak aby bylo možno k základnímu materiálu upnout orbitální svařovací hlavu. Na připravené sestavě bylo provedeno prvotní stanovení obsahu delta feritu pomocí feritometru na čele (očistěné ploše) trubky, za účelem zaznamenání nulového stavu. Po zaznamenání nulového stavu, byl přetaven základní materiál provedením jednoho celoobvodového průchodu metodou 142 (svařování metodou TIG bez přídavného materiálu) prostřednictvím orbitální svařovací hlavy. Při přetavování byly použity stejné parametry procesu svařování pro oba vzorky. Po přetavení bylo provedeno opakované stanovení obsahu delta feritu na čele (očistěné ploše) trubky pro potvrzení hodnot obsahu delta feritu naměřených při prvotním stanovení před přetavením základního materiálu. Následně bylo provedeno stanovení obsahu delta feritu pomocí feritometru v oblasti přetavení základního materiálu.



Obr. 1: Stanovení obsahu delta feritu pomocí feritometru na čele trubky



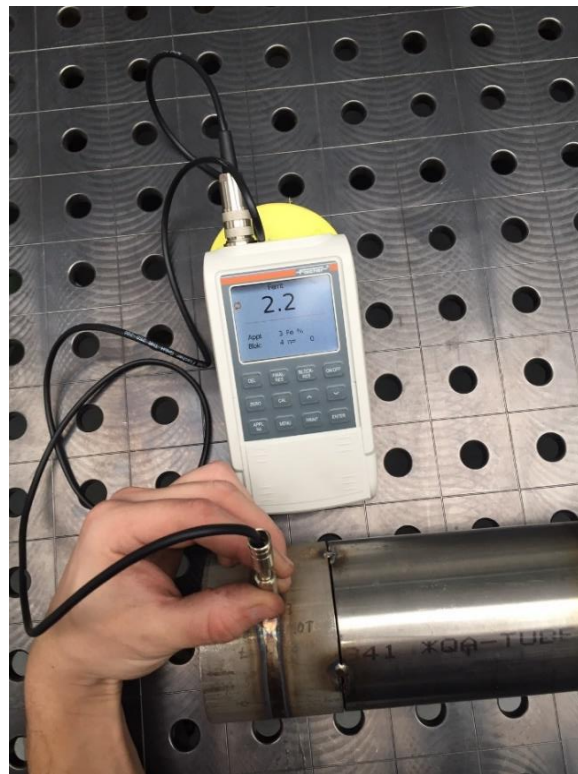
Obr. 2: Příprava orbitální svařovací hlavy



Obr. 3: Přetavení základního materiálu trubky metodou 142



Obr. 4: Stanovení obsahu delta feritu pomocí feritometru na čele trubky po přetavení základního materiálu



Obr. 5 Stanovení obsahu delta feritu pomocí feritometru v oblasti přetavení základního materiálu

## Výsledky experimentálního ověření

V tab. 4 jsou uvedeny výsledky experimentálního ověření pro oba vzorky, tj. RZPaTK/DF/20/01 a RZPaTK/DF/20/02.

Tab. 4: Obsah delta feritu

Označení vzorku	RZPaTK/DF/20/01	RZPaTK/DF/20/02
Čelo trubky před přetavením [%]	0,00	0,30
Čelo trubky po přetavení [%]	0,00	0,33
Přetavený materiál [%]	2,2	2,3

## Diskuze výsledků

Z výsledků uvedených v tab. 4 je zřejmé, že vzorky, které jsou v podobě finálních výrobků bežešvých trubek (tvářený stav), vykazují obsah delta feritu 0,00 % resp. 0,30 %. V případě přetaveného základního materiálu (litý stav) došlo k projevu magnetických vlastností delta feritu, což signalizuje jeho přítomnost v základním materiálu na úrovni 2,2 % resp. 2,3 %.

Získané výsledky naznačují, že přijatá teorie o transformaci delta feritu při tváření z litého stavu má reálný základ a bude v rámci dalších činností dále ověřována její platnost.

Zároveň, pokud přihlídneme k faktu, že při svařování austenitických korozivzdorných ocelí 08Ch18N10T je používán přídatný materiál, který ve svarovém kovu (litý stav) obecně obsahuje 2 až 8 % delta feritu (stanovováno přístrojem FC-2), dochází vlivem promísení k vytvoření svarového kovu, který poskytuje dostatečný obsah delta feritu v souladu s doporučením (3 až 6 %) uvedeným ve Stanovisku č. 1-20-1, Rev. 01 [3].

## Závěr

Provedené experimentální ověření způsobu stanovování obsahu delta feritu prokázalo, že u tvářených polotovarů dochází ke snížení obsahu delta feritu oproti polotovarům v litém stavu, ačkoliv lze říci, že obsah delta feritu je funkcí chemického složení.

Získané výsledky prokazují, že přijatá teorie o transformaci delta feritu při tváření z litého stavu má reálný základ. Experimentální ověření je elementárním vstupem pro další činnosti v řešení problematiky stanovení obsahu delta feritu.

Na základě získaných výsledků a poznatků bylo rozhodnuto, že stanovení obsahu delta feritu na finálním výrobku (po tváření) bude prováděno pouze jako informativní, neboť neposkytuje relevantní údaje, které by bylo možno srovnávat s korektně provedeným stanovením obsahu delta feritu ve výchozím polotovaru (v litém stavu, například na tavebním vzorku).

## Literatura

- [1] ČNI (2002): *ČSN EN 1011-3, Svařování – Doporučení pro svařování kovových materiálů – Část 3: Obloukové svařování korozivzdorných ocelí*. Technická norma, Český normalizační institut, Praha.
- [2] Priceputu, I.L., Moisa, B., Chiran, A., Nicolescu, G., Bacinschi, Z. (2011): *Delta ferrite influence in AISI 321 stainless steel welded tubes*. The Scientific Bulletin of Valahia University of Targoviste, Materials and Mechanics, Vol. 9, pp. 87-96.
- [3] Stanovisko č. 1-20-1, Rev. 01. (2020): *Analýza hutního materiálu delta feritu 08Ch18N10T; Ø 89x8,0 mm (tavba č. 10473)*.

