

## POUŽITELNOST ÚSPORNÉ DUPLEXNÍ OCELI LDX 2101 V ENERGETICE

### SUITABILITY OF A LEAN DUPLEX STAINLESS STEEL LDX 2101® IN POWER INDUSTRY

Doc. Ing. Jiří Janovec , Ing. Jan Marek<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Materials Engineering, Czech Technical University in Prague, Czech Republic.

#### ABSTRAKT

Růst mechanických vlastností a zvýšená odolnost pittingové korozi a koroznímu praskání duplexních ocelí byl důvodem vývoje úsporné verze feriticko-austenitické oceli SAF typu 21-1. Současně s touto novou ocelí byly vyvinuty i odpovídající přídatné materiály a vhodné svařovací technologie. Práce shrnuje vliv ochranné atmosféry a svařovacího příkonu na kvalitu svarového spoje z hlediska mikrostrukturální analýzy a korozní odolnosti. Jsou diskutovány aplikační možnosti svařenců z této perspektivní oceli v energetice.

Byl studován vliv parametrů svařování TIG na mikrostrukturu a odolnosti proti bodové korozi u průvarů duplexní oceli LDX 2101, nového typu úsporné oceli, která u domácích tepelných výměníků nahrazuje klasickou 304L. Byla provedena makro a mikro analýza za cílem zjistit poměr austenitu a feritu a k určení dalších sekundárních fází. Ke studiu bodové koroze u základního materialu a návarů byla použita technika cyklické elektrochemické polarizace dle ASTM G61. K hodnocení korozního chování byl použit 3,5% roztok NaCl a zkouška elektrochemické anodické polarizace. Průvary s přídatkem dusíku v ochranném plynu vykazaly rovnoměrné rozložení struktury feritu a austenitu ve svarovém kovu a také vyšší odolnost proti bodové korozi. Základní materiál LDX 2101 vykazoval vyšší odolnost proti tomuto typu koroze než austenitická ocel AISI 304L.

#### Abstract

The effect of the nitrogen addition on the argon shielding gas by autogenous TIG welding on the microstructure and pitting corrosion resistance of a lean duplex stainless steel LDX 2101 (UNS S32101) was studied. This new type of lean steel is used as a substitution of classical 304L in home heat exchangers. Macro- and microstructural analysis were carried out in order to quantify the austenite/ferrite ratio and identify the presence of other secondary phases. Pitting corrosion resistance of base material of LDX 2101 and AISI 304L was used to compare the pitting corrosion behavior of welded samples by electrochemical cyclic polarization test according the ASTM G61 Standard. Different heat input and shield gas composition were used to weld the samples. A 3.5 wt.% NaCl solution was used to evaluate the corrosion behavior of the welds by electrochemical anodic polarization test.

**Key-words:** Duplex stainless steels, autogenous TIG, pitting corrosion, welding of stainless steels.

#### 1. Úvod

LDX 2101 (EN 1.4162, ASTM S32101) je nová niklem nízkolegovaná duplexní korozivzdorná ocel, obsah niklu je snížen s cílem snížit její cenu. Její mechanické

vlastnosti jsou podobné jako u klasických duplexních ocelí typ 2205, 2304 a její korozní odolnost je všeobecně vyšší než u austenitické oceli typu 304L. Tato atraktivní kombinace mechanických, korozních vlastností s ekonomičností dělá tuto ocel velmi konkurenceschopnou oproti tradičním ocelím i v oblasti aplikace žáruvzdorných materiálů.

## 2. Experimentální část

K provedení průvarů bylo použito svařování technikou TIG s různými svařovacími parametry- čistý argon a směs argonu s 5% dusíku jako ochranný plyn a dva různé svařovací příkony, 0.4 KJ/mm and 0.9KJ/mm. Průvary byly provedeny na přístroji *Air Liquide-SAF Prestotig 300 AC/DC power* a k přesnému vedení hořáku TIG byl použit vozík *Air Liquide-SAF Welding Car*. Metalografická analýza byla provedena technikou Bloech a Wedl. Poměr austenitu a feritu ve struktuře oceli byl kvantitativně změřen přístrojem *Fischer Feritscope MP30E* pracující s normou DIN 32514-1.

## 3. Výsledky a diskuze

Makrostruktura svarů je součástí příloh. Vyšší svařovací příkon měl vliv na nárůst šířky a hloubky oblasti svaru, stejně jako přídavek dusíku v ochranném plynu. Mikrostrukturální analýza byla provedena v difúzní a v tepleně ovlivněné zóně průvaru s cílem porovnat poměr austenitu a feritu, morfologii sekundárního austenitu a zjistit přítomnost jiných sekundárních fází. Průvary kde bylo použito čistého argonu prokazovaly nárůst obsahu feritu v SK a TOZ než průvary s přídavkem dusíku v ochranném plynu. Více vyvážená feriticko-austenitická struktura s větším množstvím sekundárního a Widmanstättenova austenitu bylo dosaženo v podmínkách s přídavkem dusíku. Ocel LDX 2101 obecně vykazovala dobrou mikrostrukturální stabilitu po provedení průvarů.

## 4. Odolnost proti bodové korozi

Nejdříve byla měřena odolnost proti bodové korozi u zákl. materiálů LDX 2101® a AISI 304L. Bylo použito cyklické potenciodynamické anodické polarizace za cílem zjistit kritický potenciál bodové koroze. Vzorky s povrchem 120mm<sup>2</sup> byly vyleštěny a poté ponořeny do 3,5% vodného roztoku NaCl za teplot 20°, 40° and 60°C. Pro elektrochemický test byl použit potenciostat GAMRY model DC 105®, Pt protielektroda a referenční Ag/AgCl elektroda. Experiment ukázal, že LDX 2101® DSS je více odolný proti pittingové korozi než aust. Ocel 304L.

Byla změřena odolnost proti pittingové korozi u svařovaných vzorků DSS LDX 2101, bylo použito stejné elektrochemické metody, ale pouze za teploty 40°C. Výsledky ukázaly, že odolnost u svařovaných vzorků byla nižší než u základního material. U vzorků s ochranným plynem s přídavkem dusíku bylo dosaženo vyšší korozní odolnosti.

## 5. Závěr

Průvary s 5% přídavkem dusíku v ochranném plynu vykazaly rovnoměrnou austeniticko-feritickou strukturu, díky difúzi dusíku během procesu svařování TIG. Vliv různých svařovacích příkonů na mikrostrukturu nebyl tak významný v porovnání s vlivem přídavku dusíku v ochranné atmosféře. Vyšší odolnost proti bodové korozi byla vykázána u vzorků s vyšším svařovacím příkonem 9kJ/cm a s 5% přídavkem dusíku.

Byla prokázána vyšší odolnost proti bodové korozi u materiálu LDX 2101 než u AISI 304L a to jak u základního materiálu, tak i u průvarů, kde bylo použito přídavku dusíku. Materiál LDX 2101® DSS je velmi dobrou alternativou za klasickou

ocel AISI 304L v chloridových prostředích, kde je nebezpečí bodové koroze. Další výhodou je její ekonomičnost a vysoké mechanické vlastnosti.

### Literatura

[1] JOHANSSON P., LILJAS M. "A new lean duplex stainless steel for construction purposes". *acom*, Avesta Polarit AB, p 17-23, 1–2/2002.

[2] BERGQUIST A., IVERSEN A., QVARFORT R. "Corrosion properties of UNS S32101" *acom*, Avesta Polarit AB, p. 2-14, 2/2005.

[3] BENSON M. "Utilization of the Material Strength for Lower Weight and Cost with LDX 2101®", *acom*, Avesta Polarit AB, p. 2-11, 3/2005

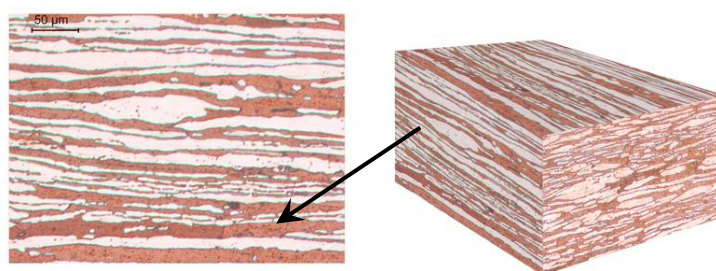
duplex del tipo 23Cr-4Ni". II International Conference on Welding and Joining of Materials (ICWJM 2007). Cusco, Perú 2007.

Parametr	El.proud (A)	Napětí (V)	Posuv (cm/min)	Ochranný plyn	Sv. příkon (kJ/cm)
a	120	11,8	23,1	100% Ar	4
b	120	13,1	10	100% Ar	9
c	120	14,3	23,1	5% N+95%Ar	4
d	120	14,3	10	5% N+95%Ar	9

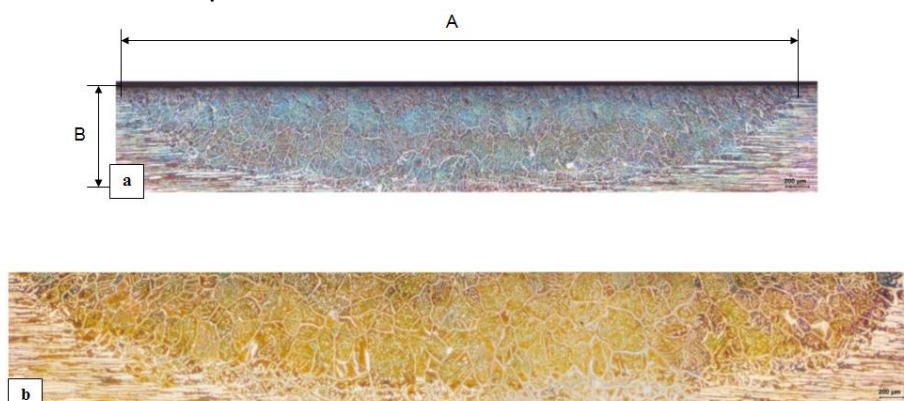
Tab. 1: Parametry procesu svařování

<b>Welding conditions</b>	100%Ar 4kJ/cm	100%Ar 9kJ/cm	95%Ar+5%N 4kJ/cm	95%Ar+5%N 9kJ/cm
<b>Ferrite content</b>	65,8%	62,6%	41,6%	46,1%

Tab. 2: Obsah feritu ve svarovém kovu pro dané parametry svařování



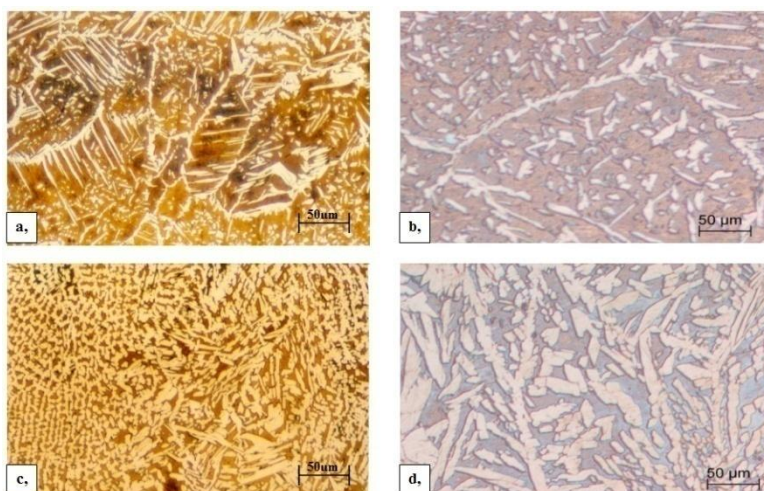
Obr. 1: Mikrostruktura duplexní korozivzdorné oceli LDX 2101



Obr. 2: Makrostruktura průvaru duplexní korozivdorné oceli LDX 2101



Obr. 3: Makrostruktura průvaru duplexní korozivdorné oceli LDX 2101



Obr. 4: Mikrostruktura průvaru SK duplexní korozivdorné oceli LDX 2101

Obr. 5: Porovnání kritického korozního potenciálu oceli LDX 2101 a 304L, teploty 20°C, 40°C, 60°C