

# UPORABNOST VODOTOPNEGA PAPIRJA ZA ZAŠČITO KORENA ZVARA

Matej Pleterski, Domen Zorko, Damjan Klobčar

## Izveček:

Poleg ustreznih varilnih parametrov je pri varjenju nerjavnih cevovodov bistveno, da zagotovimo primerne varilne pogoje tudi znotraj cevovoda, kjer izdelamo koren zvara. Ta mora biti po mehanskih kakor tudi fizikalno-kemičnih lastnostih sprejemljiv. Koren zvara zaščitimo z vpihavanjem zaščitnega plina v cevovod, ki mu omejimo volumen z uporabo barier, med katere spada tudi vodotopni papir. Ta tip barier se uporablja v cevovodih, v katere po končanem varjenju ne moremo več posegati. Neugodne razmere, kot je denimo sprememba tlaka v cevovodu, močno vplivajo na pogoje vzpostavitve primerne atmosfere znotraj cevovoda. Z vodotopnim papirjem je mogoče zagotoviti primerno atmosfero le pri atmosferskem tlaku. Če temu ni tako, je uporaba vodotopnega papirja neprimerna in je potrebno poiskati drugo rešitev.

## Ključne besede:

varjenje cevi, nerjavno jeklo, zaščita korena, vodotopni papir

## 1 Uvod

Zaradi vse večjih zahtev po kakovosti zvarnih spojev moramo pri varjenju cevovodov iz avstenitnih nerjavnih jekel poleg primernih varilnih pogojev zagotoviti primerno zaščito tudi znotraj cevovoda. Saj le v tem primeru dobimo primerne mehanske in fizikalno-kemične lastnosti celotnega zvara. Primerno zaščito zagotavljamo tako, da v cevovod vpihujemo zaščitni plin. Običajno uporabljamo dva načina vpihavanja zaščitnega plina. Pri dimenzijsko manjših cevovodih npr. zapolnimo kar celoten sistem. Pri dimenzijsko večjih in kompleksnejših cevovodih pa uporabimo bariere za omejevanje volumna, saj na ta način zmanjšamo porabo zaščitnega plina ter izničimo vpliv nepredvidljivih pogojev znotraj cevovoda na zvarno mesto [1, 2].

Omejevalne bariere lahko v grobem delimo na dva tipa [3]. Prvi tip so tiste, ki jih po končanem varjenju izvlečemo iz sistema in so običajno narejene iz polimera (diski, komore ...) [4]. Drugi tip barier so tiste, ki jih po končanem varjenju ni potrebno od-

straniti in se z obtokanjem medija razgradijo. Med slednje denimo spada vodotopni papir, ki se zaradi svoje kemične sestave prične razkrajati ob kontaktu z vodo [5]. Na zanesljivost uporabe takih barier bistveno vplivajo nepredvidljivi pogoji, ki so lahko v cevovodu. Med najvplivnejšimi pogoji je sprememba tlaka (npr. dimniški efekt) [2].

V nadaljevanju je predstavljena raziskava, kako sprememba tlaka in hrapavost površine vplivata na zanesljivost zagotavljanja zaščitne atmosfere z uporabo vodotopne bariere.

## 2 Metodologija raziskave

### 2.1 Uporabljeni materiali

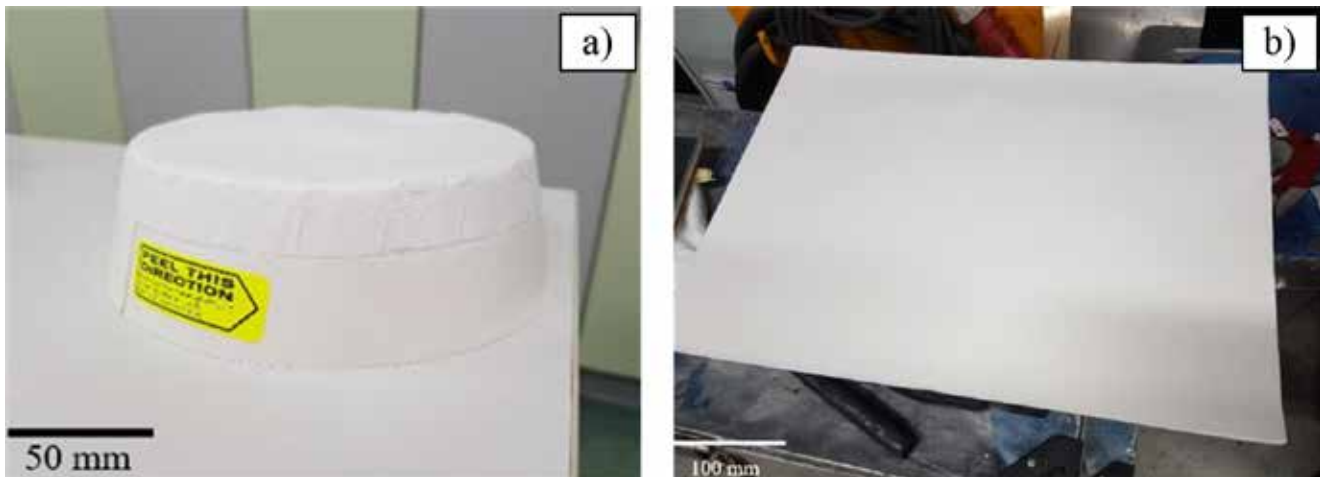
Za raziskavo smo uporabili dva tipa vodotopnih papirjev. Medsebojno se razlikujeta zgolj po obliki in posebnem nanosu na čelni strani papirja.

**Preglednica 1:** Lastnosti uporabljenih vodotopnih materialov [5, 6]

Naziv	Krojena bariera	Nekrojena bariera
Sestava	$C_8H_{15}NaO_8$ + lesna kaša + premaz	$C_8H_{15}NaO_8$ + lesna kaša
Dimenzije	Ø 305 mm	395 mm × 560 mm × 0,195 mm
Gostota ( $\rho$ )	60 kg/m <sup>3</sup>	59,88 kg/m <sup>3</sup>
Masa na en. površine ( $m$ )	0,120 kg/m <sup>2</sup>	0,116 kg/m <sup>2</sup>
Permeabilnost zraka ( $\phi$ )	< 0,005 l/min	2,24 l/min

Doc. dr. Matej Pleterski, univ. dipl. inž., Domen Zorko, dipl. inž., oba Numip, d. o. o., Ljubljana; Izr. prof. dr. Damjan Klobčar, univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo

a) **Krojena vodotopna bariera** je tovarniško krojena bariera [6], ki je namensko narejena glede na zahtevan premer cevi. Na čelni strani bariere je nanos, ki bistveno zniža prepustnost ter tako zmanjša prehod zraka skozi bariero oz. zaščitnega plina iz nje. La-



Slika 1 : a) Krojena vodotopna bariera; b) nekrojena vodotopna bariera 2

stnosti krojenega papirja so podane v preglednici 1.

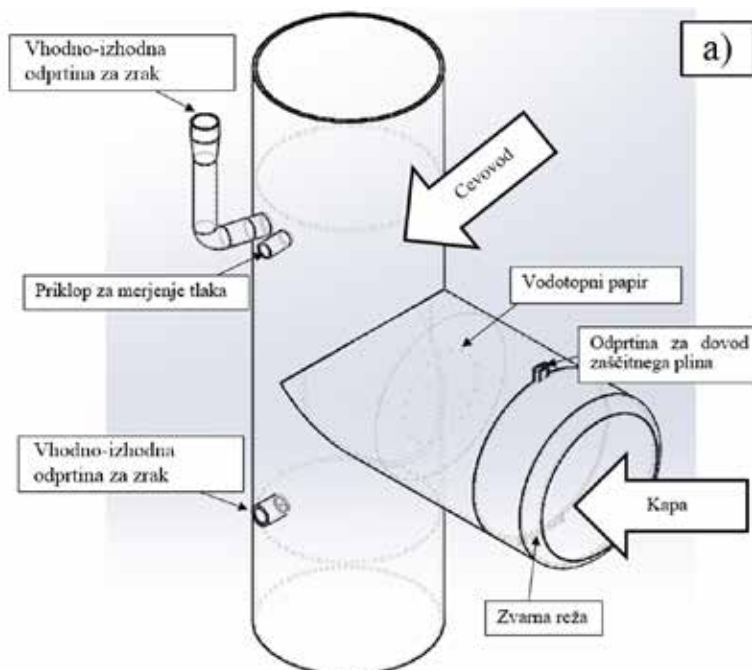
**b) Nekrojena vodotopna bariera** je nekrojena bariera, ki jo od proizvajalca dobimo v obliki lista velikosti 395 mm × 560 mm × 0,195 mm (D × Š × V). Kemična sestava je enaka kot pri krojeni vodotopni barieri. Bistvena razlika med njima je, da je to bariero potrebno krojiti glede na premer cevi, kar predstavlja izgubo časa. Poleg tega je tudi prepustnost materiala v primerjavi s krojeno bariero mnogo višja (≈450 %). Lastnosti nekrojenega papirja so podane v preglednici 1.

**c) Zaščitni/polnilni plin**, ki smo ga uporabljali, je žlahtni plin argon (Ar 4.6).

## 2.2 Zasnova preizkuševališča

Za potrebe raziskave smo izdelali maketo cevododa zunanjega premera 323 mm, s katero je mogoče ustvarjati nepredvidljive pogoje, ki se lahko potencialno pojavijo v realnosti. Maketa cevododa je zasnovana do te mere, da lahko kontrolirano zagotavljamo želeno tlačno razliko v njej glede na atmosferski tlak. Vgrajeni so bili priključki, preko katerih lahko dosegamo nadtlak/podtlak in izvajamo meritve.

Nadtlak/podtlak ustvarimo z dovajanjem komprimiranega zraka skozi priključke, direktno za nadtlak ali preko injektorja, če želimo ustvariti podtlak. Tlak oz. podtlak merimo z merilnikom tlaka TSI velocalc 9565-P, in sicer v prostoru za zaščitno barie-



Slika 2 : a) 3D model preizkuševališča; b) dejanski posnetek preizkuševališča

ro, medtem ko je predel z zvarom (pred bariero) pod atmosferskim tlakom. Vsebnost kisika znotraj komore merimo z merilnikom koncentracije kisika Pro2 plus. Za lažjo predstavo je na *sliki 2a* prikazan 3D model cevododa in na *sliki 2b* dejanski model cevododa. Vodotopno bariero postavimo približno 250 mm od zvarne reže, s čimer preprečimo vpliv toplote na bariero, ki se ji lahko zaradi povišane temperature znižajo adhezijske sposobnosti. Krojena bariera ima tovarniški nanos lepila na straneh, zato jo je dokaj enostavno namestiti. V naslednjem koraku lepljeni spoj oblepimo z vodotopnim lepilnim trakom in s tem preprečimo prehod zraka skozi reže na robovih bariere.

Nekrojeno bariero moramo predhodno skrojiti, kar je izredno zamudno opravilo. Ko jo skrojimo, je postopek namestitve enak kot pri tovarniško krojeni barieri. Meritve so se opravljale na pripravljenem V-zvaru s širino zvarne reže 4 mm. V nadaljevanju preizkušanja smo znižali hrapavost površine na mestu postavitve bariere, in sicer s hrapavosti  $Ra=3,67 \mu\text{m}$  na  $Ra=1,17 \mu\text{m}$ .

Poleg omenjenih spremenljivk (material bariere in hrapavost površine) smo pri preizkusih variirali še dve bistveni spremenljivki, podani v *preglednici 2*. Poudariti je potrebno, da pri preizkušanju nismo dejansko varili, temveč smo zgolj opazovali in beležili pogoje, ki bi bili primerni za varjenje.

**Preglednica 2 :** Spremenljivke

Tlačna razlika $\Delta p$ [Pa]	-30, -20, -10, -5, 0, 5, 10, 20, 30
Pretok $\dot{V}$ [l/min]	10, 20, 30

Pri vseh preizkusih je uporabljen zaščitni/polnilni plin Ar 4.6.

### 2.3 Definicija primernih pogojev za varjenje

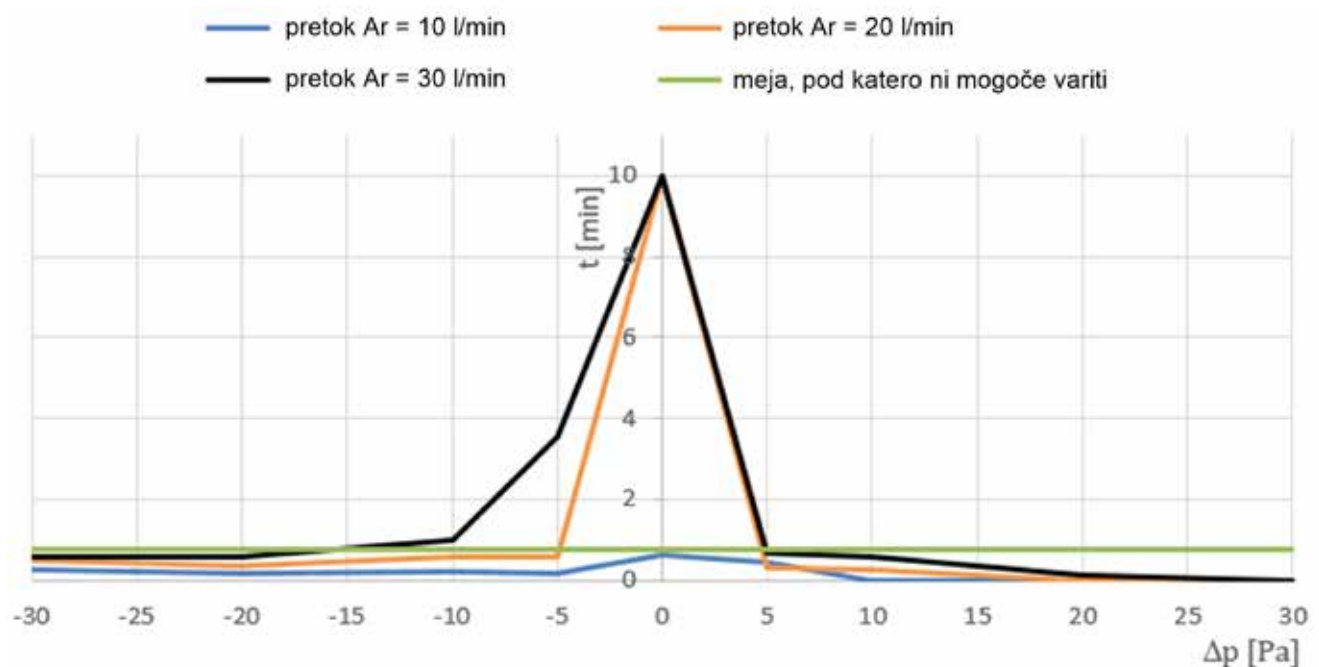
Primerne pogoje za varjenje smo določili glede na zahtevo o obarvanosti toplotno vplivanega območja, in sicer stopnja 9 po lestvici obarvanosti AWS D18.2 [7].

Kot zgornjo dopustno vrednost vsebnosti kisika izberemo 10 000 ppm, kar je ekvivalentno 1 % koncentracije kisika. Spodnjo mejno vrednost določimo 500 ppm, kar je ekvivalentno 0,05 % koncentracije kisika. Slednja vrednost nam opredeljuje mejo, pri kateri bi začeli variti.

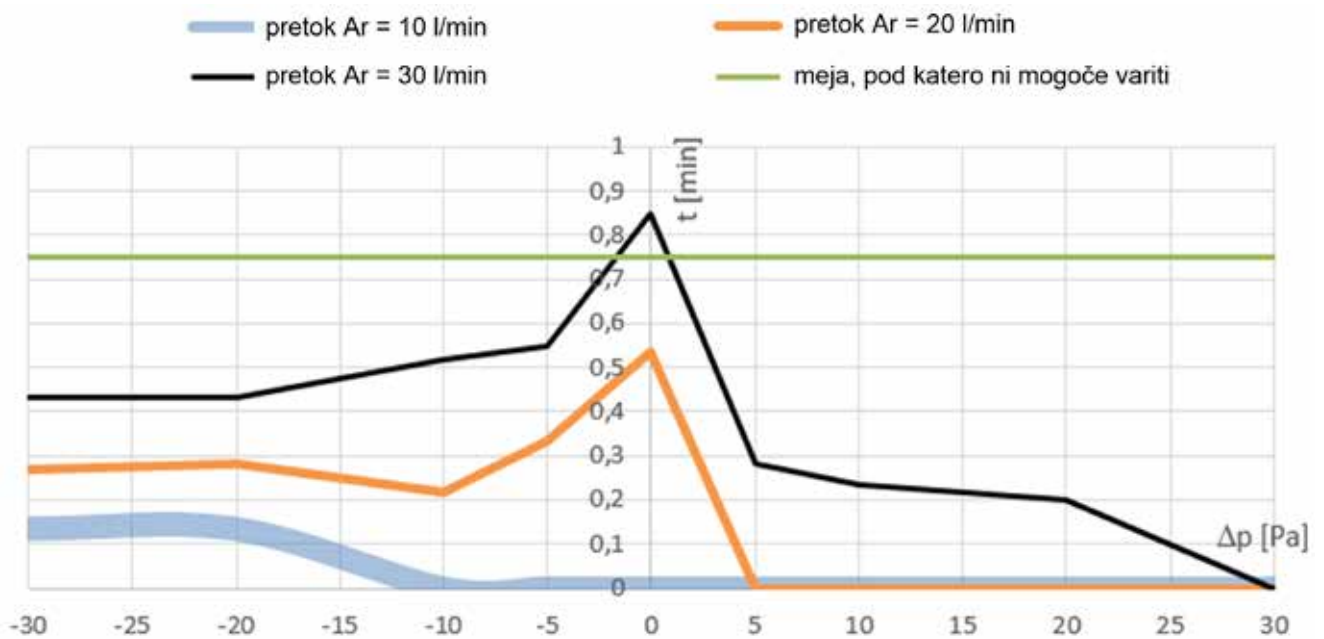
## 3 Rezultati in diskusija

Rezultati so v našem primeru zadovoljivi, kadar koncentracija kisika pade pod 500 ppm v času, krajšem od 20 min, čas, potreben za dvig koncentracije nad 10 000 ppm, pa je daljši od 40 s. Zadovoljivi rezultati so tudi tisti, kadar koncentracija kisika pade pod mejo 10 000 ppm v času, krajšem od 20 min, in ob hkratnem pogoju, da čas, potreben za dvig koncentracije nad mejo 10 000 ppm, presega 40 s.

Izvedenih je bilo več preizkusov pri različnih konfiguracijah spremenljivk. Izpostavimo lahko sledeče preizkuse:



**Slika 3 :** Krivulje dviga koncentracije kisika pri krojeni barieri in nebrušeni cevi



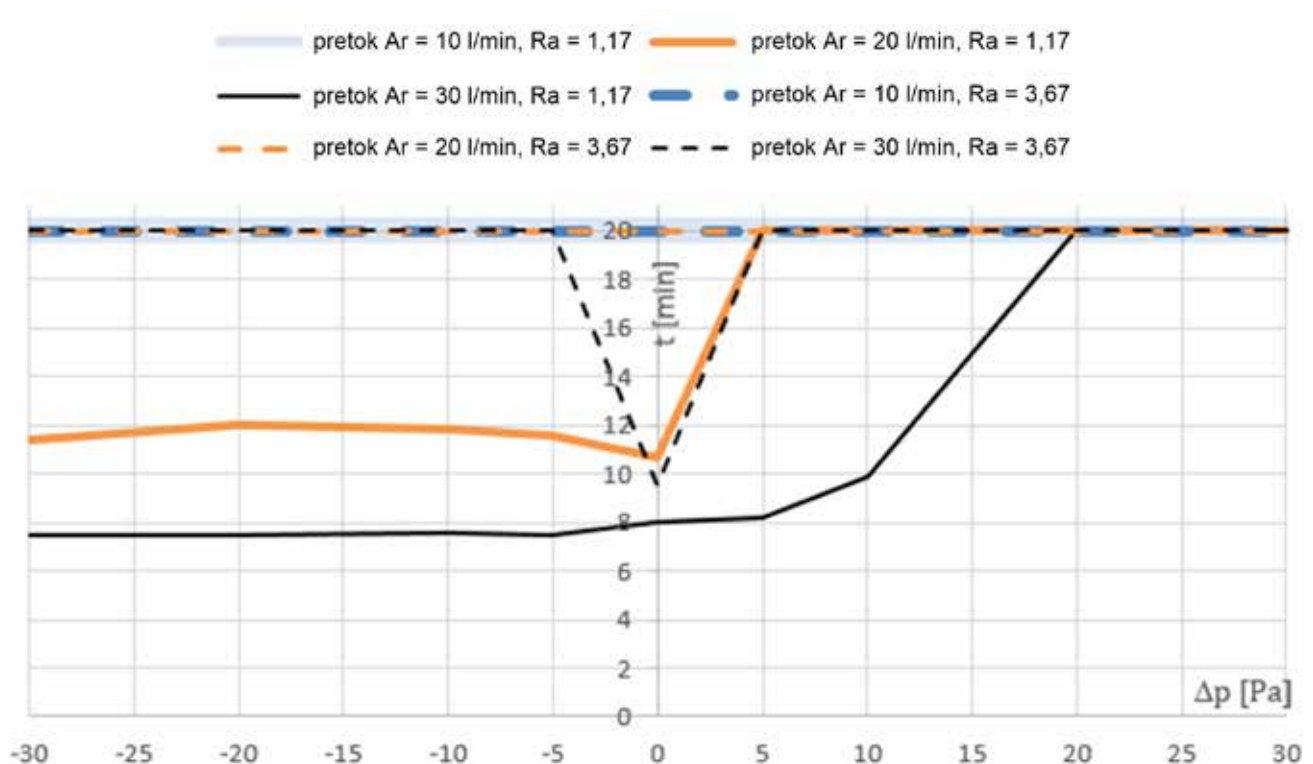
Slika 4 : Krivulje dviga koncentracije kisika pri nekrojni barieri in nebrušeni cevi

#### a) Krojena bariera, nebrušena cev

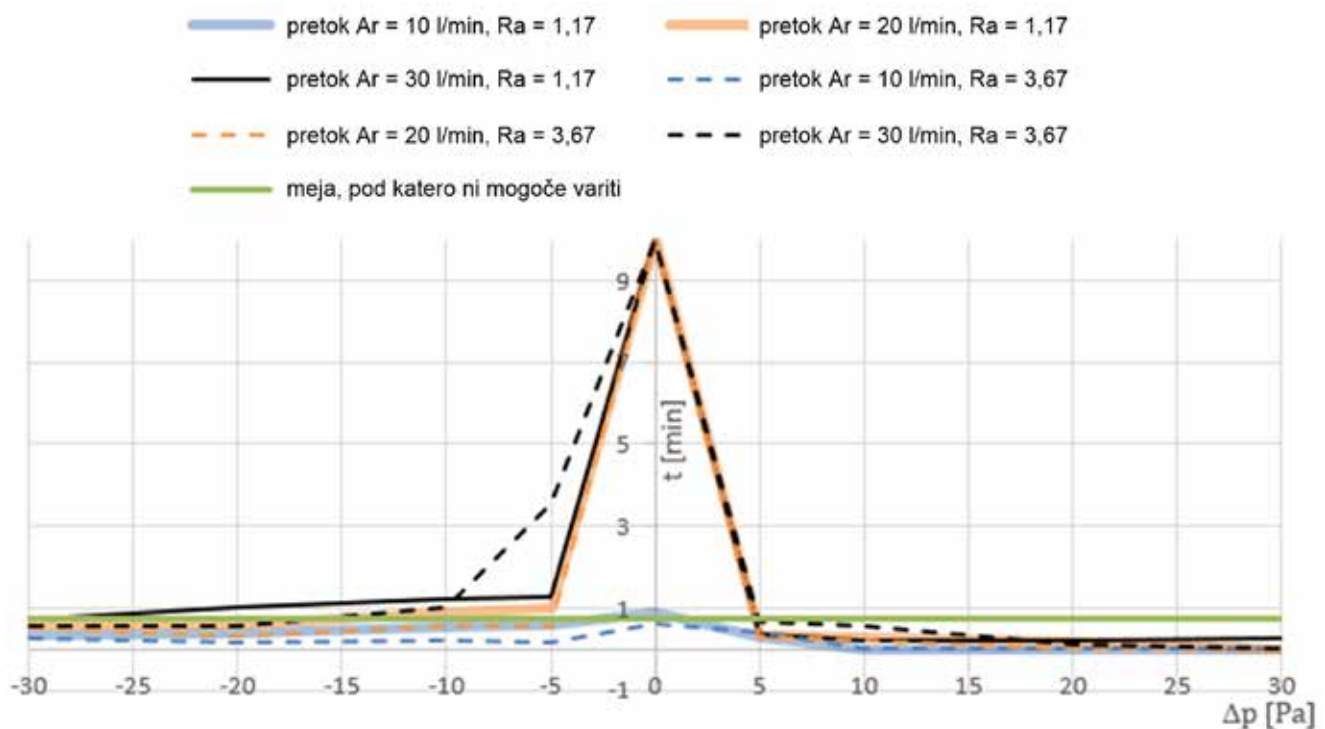
Z grafa na *sliki 3* lahko povzamemo, da je zanesljive pogoje za varjenje mogoče dobiti v tlačnem območju  $\Delta p = 0$  Pa ter pri pretoku plinov 20 in 30 l/min. V tem območju koncentracija po pretoku 10 min še vedno ne preseže zgornje mejne vrednosti. Pri vpihavanju Ar s 30 l/min pa eventualno še v podtlačnem območju do -10 Pa.

#### b) Nekrojena bariera (5 slojev), nebrušena cev

Če graf s *slike 4* primerjamo z grafom s *slike 3*, lahko vidimo, da so rezultati kljub uporabi petih slojev nekrojnih barier bistveno slabši kot pri enem sloju krojene bariere. V tem primeru uspemo sprejemljive pogoje vzpostaviti samo pri pretoku plina 30 l/min in tlačni razliki  $\Delta p = 0$  Pa.



Slika 5 : Krivulje padca koncentracije kisika pri primerjavi hrapavosti cevovoda



Slika 6 : Krivulje dviga koncentracije kisika pri primerjavi hrapavosti cevododa

### c) Krojena bariera, različne hrapavosti

Glede na zgornji graf (slika 5) lahko vidimo, da na padec koncentracije vpliva tudi nižja hrapavost cevododa. Pri pretoku plina 20 l/min smo z nižjo hrapavostjo cevododa uspeli zagotoviti sprejemljive pogoje na tlačnem intervalu  $-30 \text{ Pa} < \Delta p < 5 \text{ Pa}$ , pri pretoku 30 l/min pa na intervalu  $-30 \text{ Pa} < \Delta p < 15 \text{ Pa}$ .

V primerjavi s prejšnjim grafom padca koncentracije lahko na podlagi zgornjega grafa (slika 6) povzamemo, da bistvene razlike pri dvigu koncentracije ni, kar se tiče nižje hrapavosti cevododa. Na tlačnem intervalu  $-10 \text{ Pa} < \Delta p < 5 \text{ Pa}$  so rezultati pri višji hrapavosti celo boljši.

## 4 Zaključek

Zaključimo lahko, da so pogoji v podtlaknem območju ugodnejši kakor v nadtlaknem območju. Podtlak namreč omogoča »izsesavanje« zraza iz komore in s tem pospešuje polnjenje zaščitnega plina vanjo. Na zanesljivost barriere ima velik vpliv tudi prepustnost materiala, višja, kot je ta vrednost, tem težje je zagotavljati primerne pogoje za varjenje (potrebujemo višji pretok plina oz. vpihujemo dalj časa). Delni vpliv ima tudi hrapavost površine. Pri nižji hrapavosti je padec koncentracije hitrejši, medtem ko pri dvigu koncentracije ni bistvene razlike.

Kljub omenjenemu zgoraj je uporaba tovrstnih barrier nezanesljiva pri tlakih v notranjosti cevododa, ki

so različni od tlaka okolice. V primerih, kjer se pričakujejo podobni pogoji, ki jih ni mogoče nadzorovati, je tako primerneje uporabiti klasične barriere, ki izolirajo mesto varjenja. V tem primeru je potrebno predhodno preveriti geometrijsko zahtevnost cevododa in eventualno prilagoditi sekvence montaže predvsem z vidika lokacije zaključnih zvarov.

### Viri

- [1] J. Tušek, B. Zorc, M. Uran, A. Lešnjak, L. Kosec, D. Klobčar: Varjenje in sorodne tehnike spajanja materialov v neločljivo zvezo. Fakulteta za strojništvo, Ljubljana 2014.
- [2] L. Jeffus: Welding : Principles And Applications. Delmar, Cengage Learning, New York, 2012.
- [3] Pipe purging. Dostopno na: <http://www.alruqee.com/userfiles/file/RIM/pipe%20purge/Pipe%20Purging%20Booklet.pdf>.
- [4] Pipe purging. Dostopno na: <http://www.tag-pipe.com/Products/Pipe-Purging-Equipment/Double-Seal-System>.
- [5] Water soluble paper. Dostopno na: <https://www.aquasolwelding.com/aquasol-water-soluble-paper-tape>.
- [6] EZ Purge. Dostopno na: <https://www.aquasolwelding.com/ez-purge>.
- [7] K. Kimbrel: "Determining acceptable levels of weld discoloration on mechanically polished and electropolished stainless steel surfaces", pharmaceutical engineering, november/december 2011, Vol. 31, No. 6.

## Usability of water soluble paper dams for weld root purging

### Abstract:

When welding stainless steel pipes, it is crucial to assure adequate welding conditions inside the pipe where the root is formed. The weld root characteristics need to be mechanically as well as physiochemically acceptable. Weld root protection is achieved by purging the inside of the pipeline with protective gas. The volume of the purging area is often limited with various types of barriers of which one is water-soluble paper. This type of purging barriers is usually used when there is no possibility to access the inside of the pipeline after welding. Occasional circumstances, i.e. pressure variations inside the pipeline, present a major impact on the purging atmosphere establishment. The present paper shows that the water-soluble paper dams are effective only when there is an atmospheric pressure inside the pipe. Even small pressure differences make use of water-soluble paper dams inappropriate and another purging technique shall be utilized.

### Keywords:

pipe welding, stainless steel, root purging, water soluble paper



**numip**

**INŽENIRING — MONTAŽA — VZDRŽEVANJE**

Jedrska, farmacevtska, energetska & procesna industrija

<p>Numip d. o. o. Cvetkova ulica 27, 1000 Ljubljana, Slovenija Podružnica Krško: CKŽ 135 e, 8270 Krško</p>	<p><a href="http://www.numip.si">www.numip.si</a> <a href="mailto:info@numip.si">info@numip.si</a></p>	<p>Jedrska: +386 (0)7 49 12 433 Farmacevtska: +386 (0)7 49 12 451 Energetska in procesna: +386 (0)7 49 12 420</p>
--	--	---

# POSVET

# AVTOMATIZACIJA STREGE IN MONTAŽE 2020 - ASM '20

10. decembra 2020  
na Gospodarski zbornici Slovenije v Ljubljani