

# Porównanie klasycznych mieszanek gazowych do spawania GMAW z mieszankami o niższej zawartości CO<sub>2</sub> w argonie ze szczególnym uwzględnieniem wtopienia

Comparison of standard gas mixtures for GMAW welding with lower CO<sub>2</sub> mixtures in argon special consideration on penetration

## Streszczenie

Głównym założeniem poniższej analizy jest wskazanie na głębokość wtopienia przy spawaniu metodą MAG oraz zastosowaniu spawalniczej mieszanki osłonowej o obniżonej zawartości CO<sub>2</sub> w argonie. Prezentowane wyniki przedstawiają różnice w głębokości wtopienia, w wyglądzie lica spoiny oraz ocenie spawalności dla gazów 8%CO<sub>2</sub> i 18%CO<sub>2</sub> w argonie. Testy zostały przeprowadzone w 3 różnych zakładach produkcyjnych. Personel spawalniczy wykorzystał i zastosował własne metody porównawcze. Ważnym, zewnętrznym czynnikiem wpływającym na potrzebę wykonania prób dla Klientów, była poprawa jakości wykonywanych złączy spawanych.

**Słowa kluczowe:** złącza spawane, wtopienie, gazy osłonowe

## Abstract

Main issue in the lecture is weld penetration by GMAW using lower content CO<sub>2</sub> in Ar shielding atmosphere. There are introduced results from penetration tests, weld surface and weldability evaluation, using 8%CO<sub>2</sub> in Ar gas and 18%CO<sub>2</sub> in Ar gas. Tests were performed in 3 different companies. Welding staff used their own test methods and criteria for evaluation. To do these tests was external customer request to increase weld surface quality.

**Keywords:** welded joint, fusion penetration, shielding gas

## Wstęp

Przy produkcji konstrukcji spawanych, szczególną uwagę zwraca się obecnie na wygląd zewnętrzny spoiny, a także na odpowiednie wtopienie i związaną z tym wytrzymałość złączy. Aktualnie najczęściej stosowana, przy spawaniu stali niskostopowych metodą MAG, jest mieszanina argonu i 18% CO<sub>2</sub>. W wielu dostępnych źródłach opisany jest wpływ zawartości CO<sub>2</sub> na charakter przenoszenia metalu w łuku spawalniczym, a tym samym na wygląd spoiny i wtopienie [1÷3].

Ogólny wniosek jest taki, że im mniejsza zawartość CO<sub>2</sub> w mieszankach argonowych tym lepszy wygląd lica spoiny, mniejsza liczba odprysków i bardziej stabilny proces przenoszenia kropli w łuku spawalniczym. Według wielu opinii mniejsza zawartość CO<sub>2</sub> w mieszankach argonowych powoduje mniejsze wtopienie. Autor stara się w niniejszym tekście udowodnić, że taki pogląd może być mylny.

## Cel artykułu

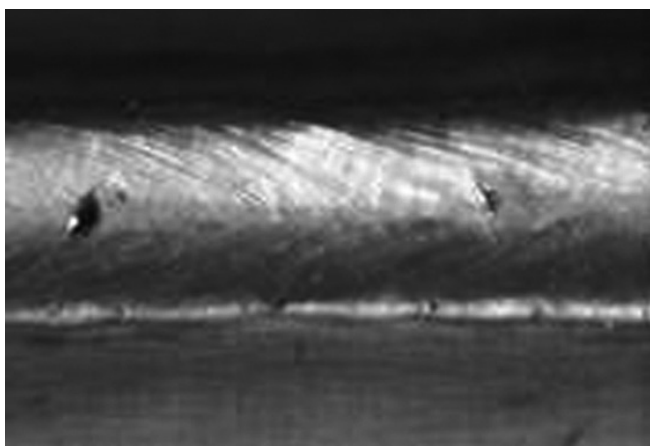
W niniejszym artykule, analizie poddane zostały tylko gazy osłonowe z zawartością 18% CO<sub>2</sub> i 8% CO<sub>2</sub> w argonie (Arcal MAG oraz Arcal 21). Wygląd lica oraz przekroje poprzeczne blach obrazujące głębokość wtopienia wykonane przy użyciu w/w gazów zostały przedstawione na rysunkach 1 i 2.

Przeważająca większość spawaczy, tworząc swój osobisty pogląd na tę kwestię, bierze pod uwagę powyższe, uproszczone argumenty.

Celem niniejszego artykułu jest wykazanie możliwości stosowania mieszaniny gazu osłonowego z 8% zawartością CO<sub>2</sub> w argonie, ze względu na wyraźną poprawę wyglądu lica spoiny oraz osiągnięcie podobnego wtopienia jak w przypadku stosowania mieszaniny z 18% CO<sub>2</sub> w argonie.

Dipl. Ing. PhD. IWE Miroslav Mucha – Air Liquide Slovakia s.r.o., Dipl. Ing. IWE Jozef Iskierka – CIPI s.r.o. Ružomberok, Dipl. Ing. Milan Uban – Pellenc s.r.o. N. Mesto n. Váhom, Dipl. Ing. IWE Gabriel Peller – Stakotra s.r.o. Piešťany.

Autor korespondencyjny/Corresponding author: miroslav.mucha@airliquide.com



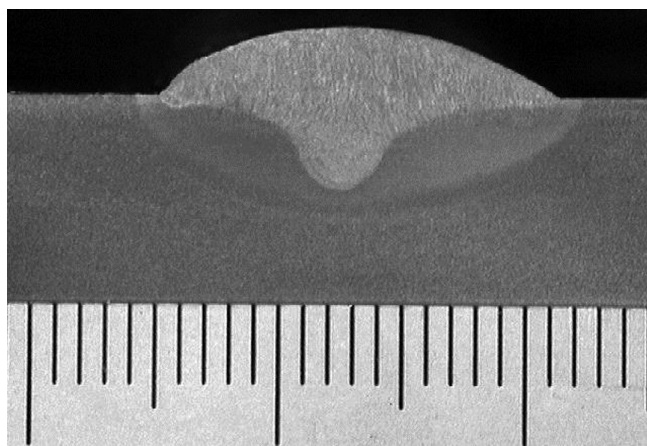
ARCAL 21 (92% Ar+8% CO<sub>2</sub>)



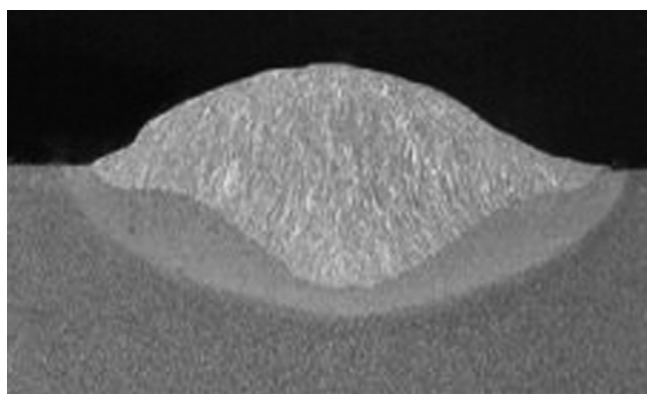
ARCAL MAG (82% Ar+18% CO<sub>2</sub>)

**Rys. 1.** Porównanie wyglądu lica dla mieszanek 8% CO<sub>2</sub> i 18% CO<sub>2</sub> w argonie, grubość blachy 6 mm

**Fig. 1.** Weld bead comparison for 8% and 18% CO<sub>2</sub> content in argon gas mixtures, plate thickness: 6 mm



ARCAL 21 (92% Ar+8% CO<sub>2</sub>)



ARCAL MAG (82% Ar+18% CO<sub>2</sub>)

**Rys. 2.** Porównanie wtopienia dla mieszanek 8% CO<sub>2</sub> i 18% CO<sub>2</sub> w argonie. Przekroje poprzeczne blach o grubości 8 mm, natężenie prądu spawania ok. 280 [A]

**Fig. 2.** Weld penetration comparison for 8% and 18% CO<sub>2</sub> content in argon gas mixtures. Cross section of 8 mm plate, around 280 [A]

## Praktyczne testy spawania

W trzech różnych zakładach, przy spawaniu stali niestopowych, porównywano różnicę wtopienia z wykorzystaniem wspomnianych wyżej mieszanek spawalniczych. Testy oraz ich ocena były całkowicie w kompetencji firmy, ewentualnie jej doświadczonych inżynierów spawalników. Autorzy występowali w roli obserwatora nie ingerującego w przebieg prac. Firmy są wskazane w literaturze.

### Firma A

Zakład spawa materiały o większych grubościach, głównie części dla producentów maszyn prac ziemnych.

#### Testy warsztatowe

Testy były przeprowadzane na dwóch stanowiskach do spawania manualnego. Na początku zapoznano spawaczy i brygadzystów z zasadą ustawiania parametrów w przypadku stosowania gazu ARCAL 21. Po ustawieniu parametrów spawano konkretne konstrukcje. W odniesieniu do nich następowała subiektywna ocena wrażenia spawacza oraz obiektywna ocena rozprysku. Następnie spawano blachy, z których wycięto próbki służące do oceny wtopienia.

#### Wyniki

Porównanie wtopienia dla spoin pachwinowych oraz złączy doczołowych przy użyciu z gazów ARCAL MAG (Ar 82%, CO<sub>2</sub> 18%) oraz ARCAL 21 (Ar 92%, CO<sub>2</sub> 8%) przedstawiają rysunki 3 i 4.

#### Komentarz pracownika działu kontroli jakości

Spawacze którzy pracowali z gazem ARCAL 21, subiektywnie uznali go za lepszy (lepsze parametry robocze).

Głębokość wtopienia, która miała być słabym punktem gazu ARCAL 21, paradoksalnie okazała się większa. Wynika to zarówno ze złącza kąтового jak i doczołowego. Mogło to być spowodowane tym, że szybkość spawania była różna oraz pozycja palnika nie była taka sama w obu przypadkach. Mimo tych uwag, nie należy obawiać się niewystarczającego wtopienia.

Powierzchnia spoin jest jednoznacznie lepsza z mniejszą ilością odprysków w przypadku stosowania gazu ARCAL 21.

### Firma B

Zakład produkujący maszyny rolnicze.

#### Testy warsztatowe

Testy były prowadzone na blachach o grubościach 8, 10, 12 mm wykonując złącze teowe. Zakład [5] w celu kontroli i możliwości wykonania porównania spawanych blach w dwóch różnych gazach, stosował następujące badania:

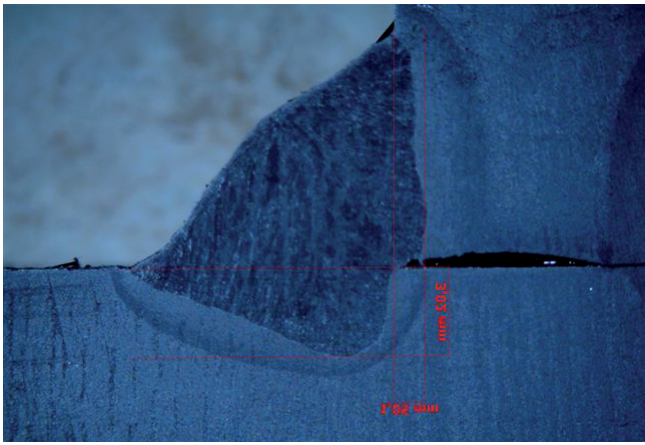
- kontrola wizualna w celu oceny lica spoiny,
- makrografia wykonanego złącza w celu oceny wtopienia,
- pomiary twardości na granicy strefy wpływu ciepła,
- ocena przelomów złączy spawanych.

#### Wyniki

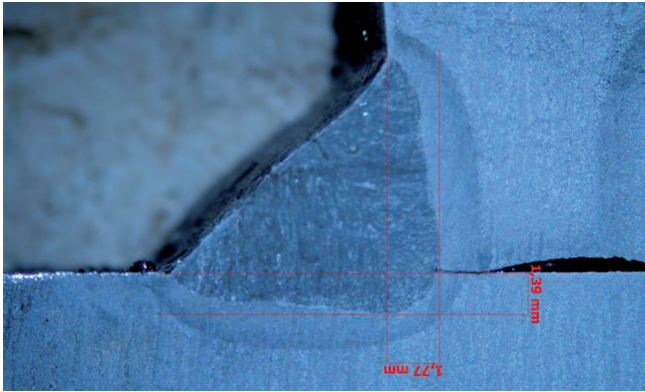
Dodatkowymi procedurami wewnątrz Zakładu [5] było minimalne wtopienie 3 mm, które było kontrolowane przez Dział Kontroli Jakości.

Porównanie wtopienia dla spoin pachwinowych jedno i dwuwarstwowych w złączach kątowych przy użyciu gazów ARCAL MAG (Ar 82%, CO<sub>2</sub> 18%) oraz ARCAL 21 (Ar 92%, CO<sub>2</sub> 8%) przedstawia rysunek 5. Próby łamania złączy kątowych jednostronnych przedstawia rysunek 6.





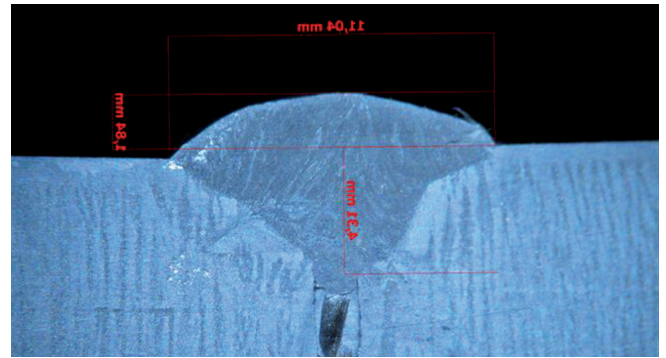
ARCAL 21 (wtopienie 3,02x1,05 mm)



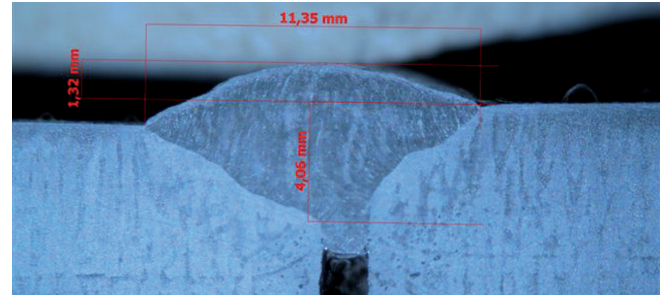
ARCAL MAG (wtopienie 1,39x1,77 mm)

**Rys. 3.** Porównanie wtopienia w spoinach pachwinowych dla mieszanek 8% CO<sub>2</sub> i 18% CO<sub>2</sub> w argonie

**Fig. 3.** Weld penetration comparison in fillet weld for 8% and 18% CO<sub>2</sub> content in argon gas mixtures



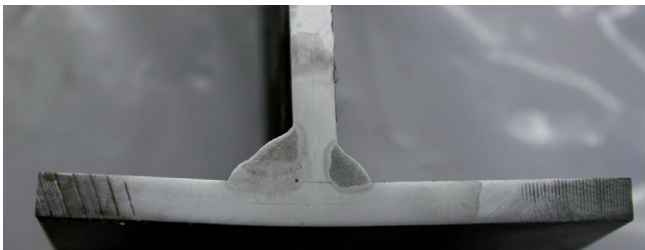
ARCAL 21: głębokość wtopienia – 4,31 mm, szerokość lica spoiny – 11,04 mm, nadlew – 1,84 mm  
ARCAL 21: penetration depth – 4,31 mm, width of weld – 11,04 mm, weld reinforcement – 1,84 mm



ARCAL MAG: głębokość wtopienia – 4,06 mm, szerokość lica spoiny – 11,35 mm, nadlew – 1,32 mm,  
ARCAL MAG: penetration depth – 4,06 mm, width of weld – 11,35 mm, weld reinforcement – 1,32 mm

**Rys. 4.** Porównanie wtopienia w złączach doczołowych dla mieszanek 8% CO<sub>2</sub> i 18% CO<sub>2</sub> w argonie

**Fig. 4.** Weld penetration comparison in butt joints for 8% and 18% CO<sub>2</sub> content in argon gas mixtures



ARCAL 21: głębokość wtopienia dla spoiny dwuwarstwowej – 5 mm; spoiny jednowarstwowej – 3 mm  
ARCAL 21: penetration depth double-layer weld – 5 mm; single-layer weld – 3 mm



ARCAL MAG: głębokość wtopienia dla spoiny dwuwarstwowej – 4 mm; spoiny jednowarstwowej – 3 mm  
ARCAL MAG: penetration depth double-layer weld – 4 mm; single-layer weld – 3 mm

**Rys. 5.** Porównanie wtopienia w złączach teowych dla mieszanek 8% CO<sub>2</sub> i 18% CO<sub>2</sub> w argonie

**Fig. 5.** Weld penetration comparison in tee (?) joints for 8% and 18% CO<sub>2</sub> content in argon gas mixtures



ARCAL 21: Ocena pozytywna  
ARCAL 21: Positive result



ARCAL MAG: Ocena negatywna – kruche połączenie  
ARCAL MAG: negative result – brittle connection

**Rys. 6.** Porównanie prób łamania złączy kątowych wykonanych w mieszanekach 8% CO<sub>2</sub> i 18% CO<sub>2</sub> w argonie

**Fig. 6.** Breaking tests results of angle joints made in 8% and 18% CO<sub>2</sub> content in argon gas mixtures



**Komentarz pracownika działu kontroli jakości**

Ocena wizualna była korzystniejsza dla spoin wykonywanych w atmosferze ochronnej ARCAL 21 niż spoin wykonanych z użyciem gazu ARCAL MAG. Znaczące różnice widać w ilości i charakterze rozprysku, przy czym liczba i wielkość cząstek rozprysku jest mniejsza dla spoin wykonanych w osłonie mieszanki ARCAL 21.

Głębokość wtopienia w trzech złączach o różnych grubościach materiału jest porównywalna dla obu testowanych mieszanek.

**Firma C**

Zakład produkujący kratownice dla parków rozrywki.

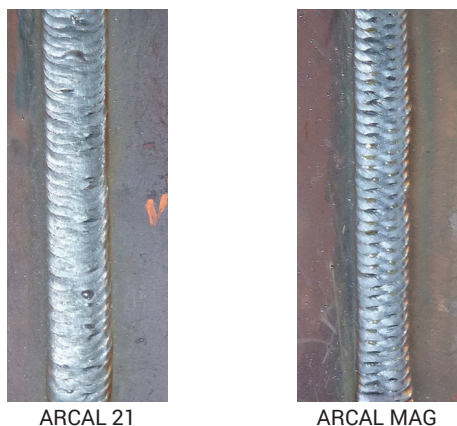
**Testy warsztatowe**

Testy były przeprowadzane na stanowiskach do spawania manualnego. Wykonano złącza kątowe na blachach o grubości 10 mm w pozycjach PB oraz PF.

Ocena testów była wykonana na podstawie nieniszczących i niszczących metod badania spoin. W kontroli wizualnej brano pod uwagę wygląd oraz kształt spoin, rozprysk, karby i podtopienia, natomiast głębokość i kształt przetopu oceniono na podstawie analizy makroskopowej.

**Wyniki**

Porównanie spoin pachwinowych wykonanych w pozycji PF oraz PB w złączach kątowych przy użyciu mieszanek ARCAL MAG (Ar 82%, CO<sub>2</sub> 18%) oraz ARCAL 21 (Ar 92%, CO<sub>2</sub> 8%) przedstawiają rysunki 7÷9.



**Rys. 7.** Porównanie lica w złączach kątowych wykonanych w pozycji PF dla mieszanek 8% CO<sub>2</sub> i 18% CO<sub>2</sub> w argonie

**Fig. 7.** Weld bead comparison of angle joints made in PF position for 8% and 18% CO<sub>2</sub> content in argon gas



**Rys. 8.** Porównanie lica w złączach kątowych wykonanych w pozycji PB dla mieszanek 8% CO<sub>2</sub> i 18% CO<sub>2</sub> w argonie

**Fig. 8.** Weld bead comparison of angle joints made in PB position for 8% and 18% CO<sub>2</sub> content in argon gas



ARCAL 21



ARCAL MAG

**Rys. 9.** Porównanie głębokości wtopienia w złączach kątowych wykonanych w pozycji PF i PB dla mieszanek 8% CO<sub>2</sub> i 18% CO<sub>2</sub> w argonie

**Fig. 9.** Weld penetration comparison in angle joints made in PF and PB positions for 8% and 18% CO<sub>2</sub> content in argon gas mixtures

**Komentarz pracownika działu kontroli jakości**

Ocena wizualna Działu KJ:

Pozycja spawania	ARCAL 21	ARCAL MAG
PF	pojedyncze ślady tlenków na powierzchni	regularne ślady tlenków na powierzchni
	minimalny rozprysk, drobne odpryski na całej długości spoiny	widoczny rozprysk, średniej wielkości odpryski na całej długości spoiny
	regularna linia wtopienia, pogarsza się wraz ze zniżającymi się parametrami	regularna linia wtopienia, z dopuszczalnymi karbami
	lekko wypukła spoina	wypukła spoina
	miejscami podtopienia	bez podtopień
PB	pojedyncze ślady tlenków na powierzchni	nieregularne ślady tlenków na brzegach spoiny
	minimalny rozprysk, drobne odpryski na całej długości spoiny	widoczny rozprysk, średniej wielkości odpryski na całej długości spoiny
	regularna linia wtopienia	regularna linia wtopienia
	bez podtopień	bez podtopień

Bez względu na prezentowane wyniki, biorąc pod uwagę korzystniejszy wygląd spoin i wtopienie, które ponownie okazało się równoważące, Zakład [6] zdecydował się pozostać przy pierwotnej mieszance ARCAL MAG. Jednym z powodów było stwierdzenie obecności podtopień przy pozycji pionowej przy użyciu mieszanki ARCAL 21.

## Uwagi autora

Na głębokość i kształt wtopienia oraz na wygląd jeziorka spawalniczego wpływa sposób przenoszenia kropeł metalu w łuku spawalniczym [1]. Siłami, które powodują przenoszenie kropli są siła napięcia powierzchniowego, siła elektromagnetyczna (siła Lorentza), siła wyporu i aerodynamiczna siła strumienia plazmy. Zwiększanie wartości natężenia prądu zwiększa oddziaływanie siły elektromagnetycznej,

a te zwiększają intensywność przemieszania jeziorka spawalniczego. Plazma słupa łuku naciska na roztopiony metal i przyczynia się do zwiększenia głębokości i szerokości wtopienia. Wartość prądu spawania ma także wpływ na wielkość kropeł metalu w łuku spawalniczym, ich frekwencję i szybkość przy transporcie metalu do jeziorka spawalniczego.

Z powyższego wynika, że ocena charakterystycznego wtopienia, jest myląca, ponieważ przy spawaniu mieszanki ARCAL MAG, przy natężeniu prądu spawania 280 A, występuje przenoszenie kropeł w łuku spawalniczym w sposób globularny, a przy użyciu mieszanki ARCAL 21 (przy tych samych parametrach) występuje już przenoszenie kropeł w sposób natryskowy, powodując zmianę charakteru wtopienia.

W praktyce, aby osiągnąć równoważące wtopienie, niezbędna jest modyfikacja parametrów spawania w zależności od stosowanej mieszanki osłonowej.

## Podsumowanie

Tekst zawiera streszczone wyniki badań przeprowadzonych w trzech różnych zakładach [4÷6], które produkują odmienny asortyment. Inżynierowie spawalnicy, w każdym z przypadków, dobrali odpowiednią metodykę badań oraz kryteria oceny spoin testowanych. Można stwierdzić, że we wszystkich przypadkach potwierdzone zostało, iż lico spoin jest korzystniejsze, oraz głębokość wtopienia, które chciano zweryfikować w tych badaniach, jest na podobnym poziomie, niezależnie od stosowanej mieszanki gazowej ARCAL MAG lub ARCAL 21.

*Tłumaczenie tekstu na język polski: Jacek Dąbrowski*

## Literatura

- [1] Ondrejcek P.: Zváranie ocelí v ochrane plynov taviacou sa elektródou. [tłum. *Spawanie stali w ochronnej atmosferze gazów elektrodami otulonymi*] ETERNA Press: Bratislava 2003.
- [2] Revel O. a kol.: Interná správa [tłum. *Raport wewnętrzny*] AL: Study of the metal transfer in welding arc. No 1267.
- [3] Revel O., Mucha M.: Podiel oxidačných prvkov v argónovej atmosfére versus charakter prenosu kovu pri MAG zváraní nelegovaných ocelí. Prednáška: Zváranie 2010 [tłum. *Udział elementów utleniających w atmosferze argonu i charakter przenoszenia metalu podczas spawania MAG stali niestopowych. Wykład: Spawanie 2010*]. Tatranská Lomnica.
- [4] Iskierka J.: Interná správa ZŤS Námestovo [tłum. *Raport wewnętrzny*], 2010
- [5] Urban M., Slaby P.: Interná správa [tłum. *Raport wewnętrzny*] PELLENC Nové Meston.V., 2013.
- [6] Peller G.: Porovnanie ochranných plynov na zváranie MAG. Interná technická správa [tłum. *Porównanie gazów ochronnych do spawania MAG. Wewnętrzny raport techniczny*], STAKOTRA Manufacturing, Piešťany, 2013.