

Dariusz SIETESKI

## **NAPAWANIE REGENERACYJNE Z CHŁODZENIEM MIKROJETOWYM WAŁÓW GŁOWICY URABIAJĄCEJ KOMBAJNÓW CHODNIKOWYCH**

**Streszczenie.** W artykule przeanalizowano wpływ rodzaju drutu spawalniczego na strukturę i twardość powierzchni oraz celowość wprowadzenia do procesu napawania chłodzenia napoiny za pomocą przystawki mikrojetowej. Napoiny zostały wykonane metodą MIG w osłonie argonu, który został użyty jako medium chłodzące mikrojeta. Do wykonania napoiny na próbkach stali 18H2N2 użyto dwóch drutów spawalniczych: Robodur K350-G (drut proszkowy) oraz Tubrodur 15.40 (drut lity). Tak przygotowane próbki poddano badaniom mikrotwardości oraz badaniom metalograficznym. Na podstawie wyników badań powiązano własności i strukturę napoin z czasem eksploatacji wałów głowicy urabiającej kombajnów chodnikowych.

## **SURFACING WELD REGENERATION WITH MICRO-JET COOLING OF CUTTING HEAD SHAFT OF ROADHEADER**

**Summary.** In the paper effect of two kind of welding wire on padding weld cooled by microjet attachment structure and hardness was studied. Padding welds were prepared by MIG method in Argon atmosphere. Argon also was used as a microjet cooling medium. Padding welds were prepared with: Robodur K350-G welding wire and Tubrodur 15.40 welding wire. Welded test pieces have been submitted to micro hardness and metallographic testing. Eventually properties and structure of padding weld were associated with boom heading machines operating time.

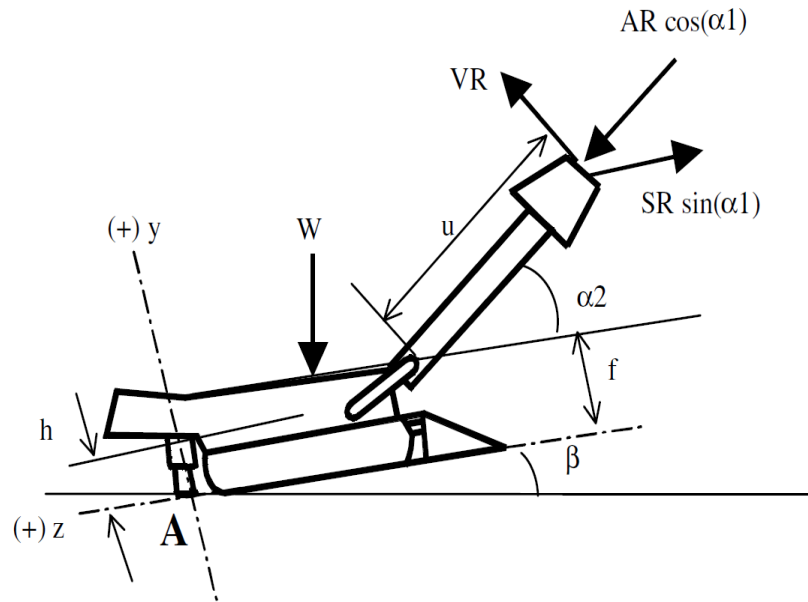
### **1. WPROWADZENIE**

Pierwszy kombajn chodnikowy zastosowano przy próbie drążenia tunelu pod kanałem La Manche z Anglii do Francji w 1870 roku. Był to kombajn wierzący, którym wykonano 2,4 km tunelu w twardych skałach wapiennych. Maszyna pracowała na podwoziu torowym i przesuwana była hydraulicznie.

Kombajny chodnikowe służą nie tylko do drążenia wyrobisk korytarzowych w celu udostępnienia złóż węgla kamiennego, ale ich przeznaczeniem jest również wydobywanie surowców skalnych, niezbędnych w budowaniu autostrad. Wraz z przybywaniem kolejnych kilometrów dróg wzrasta zapotrzebowanie na surowce skalne, a z tym wiąże się potrzeba doskonalenia konstrukcji kombajnów chodnikowych. Wymuszenia zewnętrzne, pochodzące od oporów urabiania i ładowania, generują drgania mechaniczne, skutkiem czego są obciążenia i przeciążenia powodujące uszkodzenia o charakterze zmęczeniowym. Na rysunku

I przedstawiono kierunki sił działających na głowicę urabiającą kombajnów chodnikowych [1, 6].

Drgania mechaniczne zwiększają również intensywność ściernego zużycia noży skrawających i innych elementów układu urabiania, takich jak czopy wału głowicy urabiającej. Ponieważ zastępowanie zużytych części nowymi jest nieopłacalne, więc coraz częściej stosuje się regenerację wymienionych elementów [5].



Rys. 1. Siły działające na ramię kombajnu chodnikowego (VR - siła skierowana pionowo, AR - siła skierowana równoległe do osi, SR - siła obrotowa) [3]

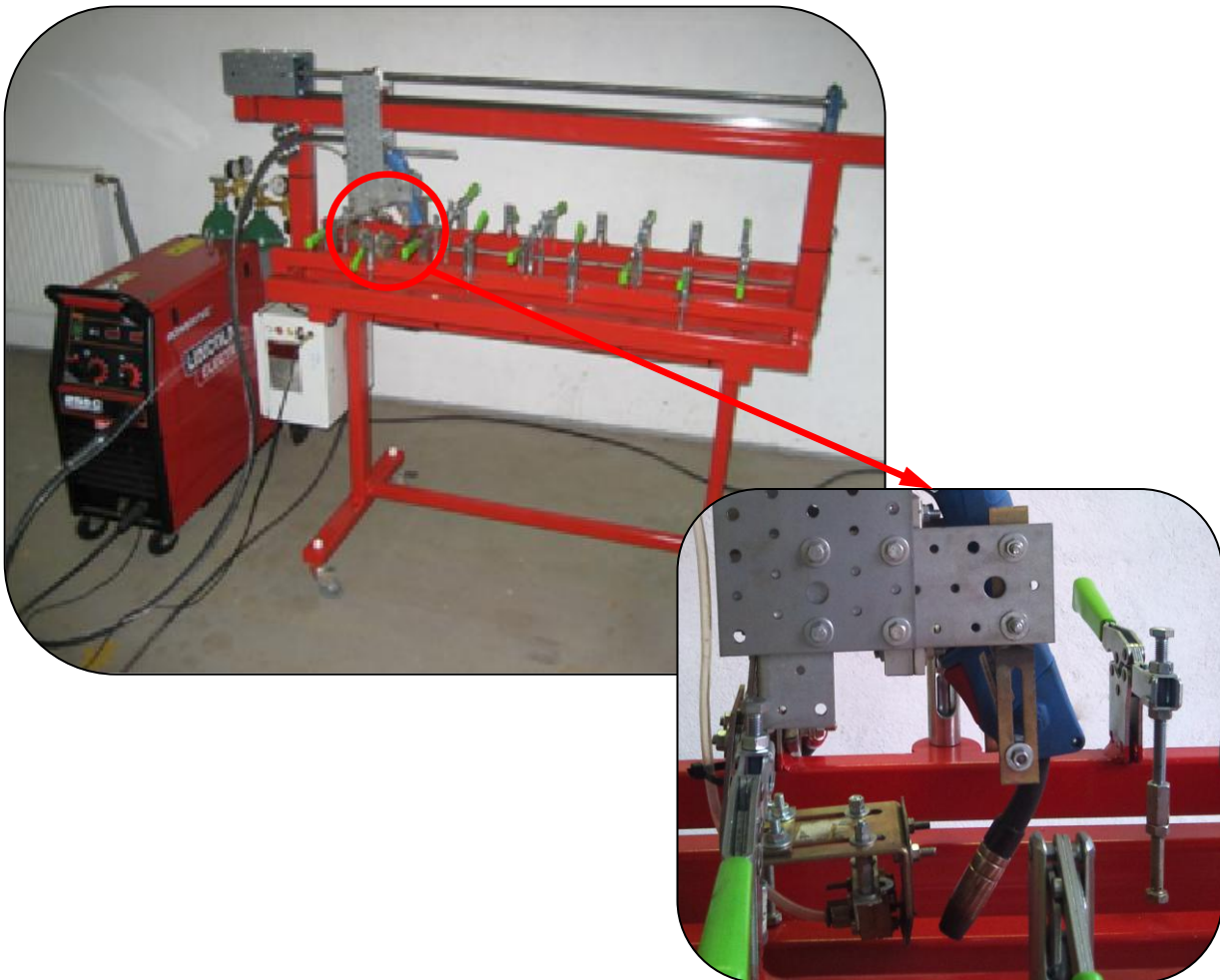
Fig. 1. Boom reaction forces: axial force (AR), slewing force (SR) and vertical force (VR) [3]

Najczęstszą metodą regeneracji wałów jest dokładne stopienie materiału dodatkowego (stopiwa) z nadtopionym materiałem podłoża, którego udział w nałożonej napoinie, zależnie od stosowanej metody, może dochodzić do kilkudziesięciu procent. Nakładane materiały, mające wymagane wysokie właściwości, pochodzą ze wszystkich grup materiałowych – metali i stopów, cermetali, ceramiki oraz tworzyw sztucznych [4, 7].

Przygotowanie powierzchni do napawania polega na oczyszczeniu, usunięciu wszelkich wad, a zwłaszcza pęknięć, oraz ewentualnie na ułożeniu wstępnej warstwy, która pozwala uniknąć wytworzenia się kruchych faz międzymetalicznych w obszarze stopienia napoiny z podłożem, a także przyczynia się do zmniejszenia naprężeń cieplnych i znacznych odkształceń w nakładanej napoinie. Nałożone warstwy napawane cechuje duża jednorodność metalurgiczna i strukturalna, oprócz napoin nakładanych ze stopów o bardzo dużej twardości (stellity), w których dopuszcza się występowanie pęknięć. Budowę napoin pod względem składu chemicznego charakteryzuje niejednorodność spowodowana warunkami procesu krzepnięcia, objawiająca się mikrosegregacją dendrytyczną, której stopień jest zależny od szybkości chłodzenia. Szczególnie silna niejednorodność występuje w pobliżu linii wtopienia wskutek braku dokładnego wymieszania roztopionego materiału rodzimego. Na granicy wtopienia stopień udziału materiału rodzimego jest większy niż w spoinie, zwłaszcza gdy występują znaczne różnice między składem chemicznym materiału rodzimego, a materiałem dodatkowym [2].

## 2. BADANIA WŁASNE

W celu wykonania próbek do badań metalograficznych zostało skonstruowane stanowisko składające się z półautomatu spawalniczego MIG oraz stołu spawalniczego. Umożliwia ono regulację parametrów prądowo-napięciowych oraz geometrycznych napawania. W tak skonstruowanym stanowisku istnieje możliwość montażu dodatkowych akcesoriów oraz regulacji odległości pomiędzy poszczególnymi podzespołami. Głównym elementem tego stanowiska jest przystawka mikrojetowa, która umożliwia sterowanie szybkością chłodzenia napoiny. Jako że średnica wylotowa medium jest stała ( $40\ \mu\text{m}$ ), sterowanie odbywa się za pomocą ustalenia ciśnienia oraz rodzaju medium chłodzącego. Podczas wykonywania próbek jako medium chłodzące użyty został argon, który w dalszych badaniach zostanie zastąpiony przez inne gazy albo płyny chłodzące. Na rysunku 2 przedstawiono gotowe stanowisko do napawania oraz przystawkę mikrojetową z możliwością regulacji odległości od pistoletu spawalniczego [9].



Rys. 2. Stanowisko do napawania

Fig. 2. Welding machine and welding bench

## 2.1. Materiały użyte do wykonania prób

Stalą stosowaną na wał głowicy urabiającej jest stal 18H2N2. Jest to stal chromowo-niklowa do nawęglania, przeznaczona na części o dużych wymiarach, o bardzo dużej wytrzymałości i ciągliwości rdzenia. W tabelicy 1 przedstawiono graniczne zawartości pierwiastków stopowych w stali 18H2N2.

Tabela 1

Skład chemiczny stali 18H2N2 [%]

C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	S	P
0,15	0,15	0,4	1,8	-	1,8	-	-	0,035	0,035
0,2	0,4	0,6	2,1		2,1				

Źródło: <http://www.dostal.com.pl/stal-do-naweglania.html>

Do badań wykorzystano następujące druty spawalnicze: drut proszkowy Robodur K350-G oraz drut lity Tubrodur 15.40. Oba pozwalają na uzyskanie podobnych składów chemicznych czystego stopiwa [8]. W tabelicy 2 przedstawiono typowy skład chemiczny czystego stopiwa dla dwóch drutów spawalniczych.

Tabela 2

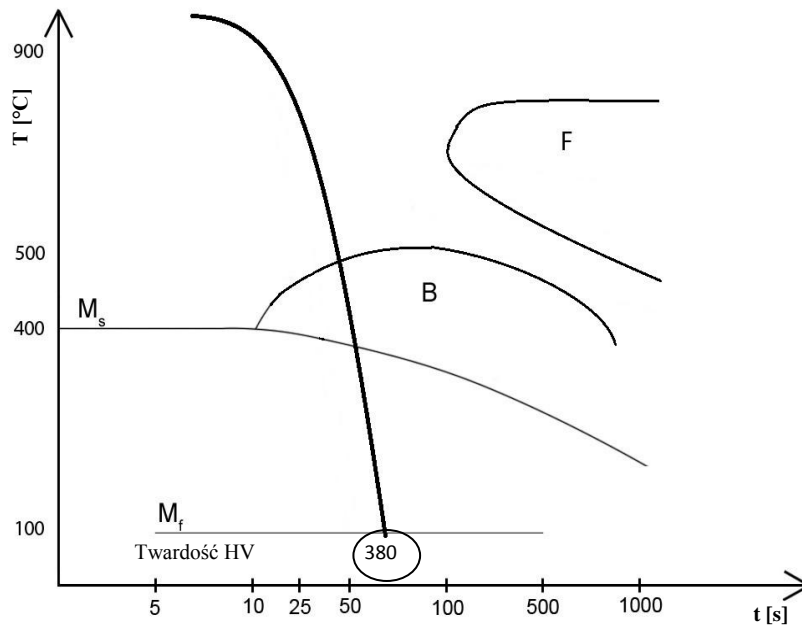
Typowy skład chemiczny czystego stopiwa

Drut	C	Mn	Si	Cr	Mo
Robodur K350-G	0,15	1,5	0,7	2,0	0,2
Tubrodur 15.40	0,22	1,4	1,0	1,4	

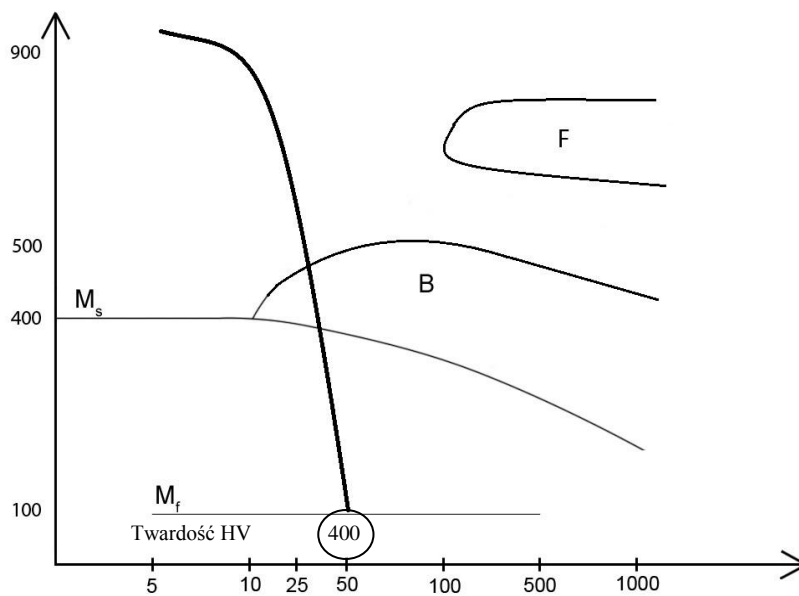
## 2.2. Przygotowanie próbek i wykonanie badania

Po napawaniu dwoma drutami na próbki stali wykonano wykresy CTPc-S, sprawdzono zawartość procentową martenzytu i bainitu oraz przeprowadzono badania mikrotwardości. Pierwsze napawania zostały wykonane bez użycia przystawki mikrojetowej, zgodnie z wymogami i zaleceniami firmy wykonującej naprawy wałów głowicy urabiającej. W tym miejscu należy nadmienić, iż eksploatacja tak zregenerowanych wałów trwała 2-3 miesiące. Po tym okresie ta sama część trafiła do ponownej naprawy.

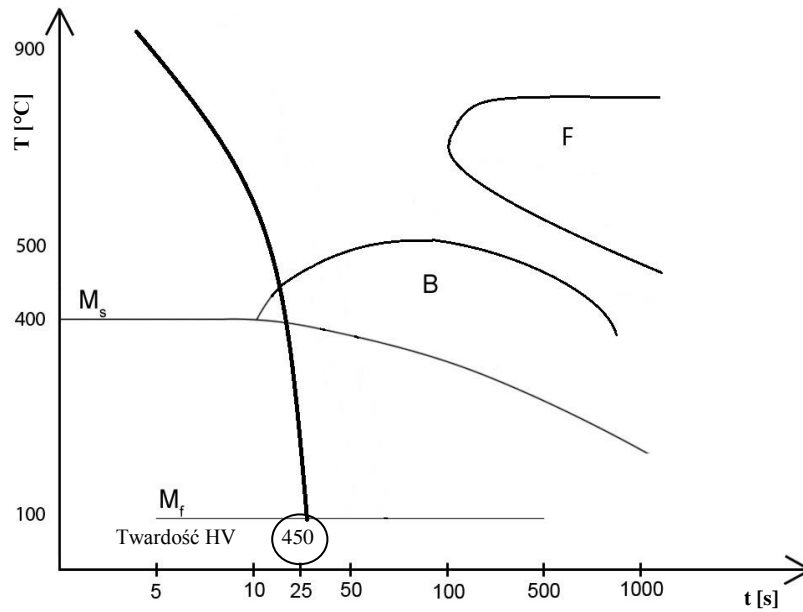
Kolejne próby napawania zostały przeprowadzone z użyciem przystawki mikrojetowej. Po ustaleniu optymalnych parametrów przepływu medium chłodzącego przystąpiono do wykonania próbek właściwych. Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono wykresy CTPc-S, sporządzone dla napoin wykonanych bez użycia chłodzenia przystawką mikrojetową, natomiast rysunki 5 i 6 przedstawiają wykresy CTPc-S, sporządzone dla napoin wykonanych z chłodzeniem mikrojetowym.



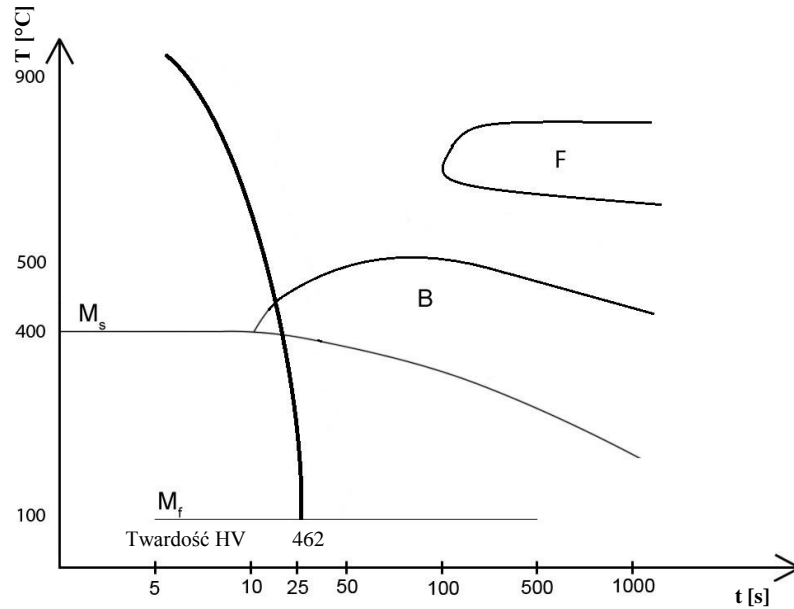
Rys. 3. Wykres CTPc-S dla napoin wykonanych drutem proszkowym bez chłodzenia mikrojetowego  
Fig. 3. TTT graph for padding welds prepared with Robodur K350-G welding wire without microjet cooling



Rys. 4. Wykres CTPc-S dla napoin wykonanych drutem litym bez chłodzenia mikrojetowego  
Fig. 4. TTT graph for padding welds prepared with Tubrodur 15.40 welding wire without microjet cooling



Rys. 5. Wykres CTPc-S dla napoin wykonanych drutem proszkowym z chłodzeniem mikrojetowym  
 Fig. 5. TTT graph for padding welds prepared with Robodur K350-G welding wire with microjet cooling



Rys. 6. Wykres CTPc-S dla napoin wykonanych drutem litym z chłodzeniem mikrojetowym  
 Fig. 6. TTT graph for padding welds prepared with Tubrodur 15.40 welding wire with microjet cooling

W wyniku napawania z przystawką mikrojetową zawartość niekorzystnego bainitu, który jest bardziej plastyczny niż martenzyt, została ograniczona do 10%. W tabelicy 3 przedstawiono otrzymane wyniki zawartości bainitu w powierzchni napawanej.

Tablica 3  
Zawartość procentowa bainitu w napawanej powierzchni

Rodzaj napawania	Zawartość bainitu w powierzchni napawanej	
	ROBODUR K 350-G	Tubrodur 15.40
Napawanie bez przystawki mikrojet	25%	20%
Napawanie z przystawką mikrojet	10%	10%

### 3. PODSUMOWANIE

Badania wykazały, iż wykorzystanie chłodzenia mikrojetowego wpływa korzystnie na strukturę napoiny i jej twardość, co może skutkować lepszymi własnościami tribologicznymi. Zastosowanie przystawki mikrojetowej do napawania spowodowało zmniejszenie zawartości bainitu, co spowodowało zwiększenie twardości powierzchni.

Właściwości plastyczne napoin silnie wpływają na zużycie ściernie oraz czas eksploatacji wałów głowicy urabiającej kombajnów chodnikowych. Należy zatem, w miarę możliwości, zapewnić poprawne wykonanie napoin, zarówno jeśli chodzi o dobór metody napawania oraz rodzaju drutu spawalniczego, jak i dobór wykwalifikowanego personelu. Prawidłowo przeprowadzone napawanie w obrębie czopów wału jest jednym z gwarantów uzyskania jednolitej struktury napoiny, a co za tym idzie – dłuższej eksploatacji maszyny.

### 4. WNIOSKI

1. Przez zastosowanie przystawki mikrojetowej możliwe jest sterowanie strukturą napoiny.
2. Zastosowanie przystawki skutkuje zmniejszeniem zawartości bainitu, dzięki czemu osiąga się twardszą powierzchnię, bardziej odporną na ścieranie.
3. Dobranie odpowiedniego drutu spawalniczego ma wpływ na twardość powierzchni, uzyskaną po napawaniu.

**Bibliografia**

1. Acaroglu O., Ergin H.: A new method to evaluate roadheader operational stability. "Tunnelling and Underground Space Technology", No. 21/2006, p. 172-179.
2. Dziubiński J., Klimpel A.: Napawanie i natryskiwanie cieplne. WNT, Warszawa 1985.
3. Ergin H., Acaroglu O.: The effect of machine design parameters on the stability of a roadheader. "Tunnelling and Underground Space Technology", No. 22/2007, p. 80-89.
4. Łabaj J., Siwiec G., Oleksiak B.: Surface tension of expanded slag from steel manufacturing in electrical furnance. "Metalurgija", Vol. 50, No. 3/2011, p. 209-211.
5. Mustafa Eyyuboglu E., Bolukbasi N.: Effects of circumferential pick spacing on boom type roadheader cutting head performance. "Tunnelling and Underground Space Technology", No. 20/2005, p. 418-425.
6. Ocak I., Bilgin N.: Comparative studies on the performance of a roadheader, impact hammer and drilling and blasting method in the excavation of metro station tunnels in Istanbul. "Tunnelling and Underground Space Technology", No. 25/2010, p. 181-187.
7. Oleksiak B., Siwiec G., Blacha A., Lipart J.: Influence of iron on the surface tension of copper. "Archives of Material Science and Engineering", Vol.44, No. 1/2010, p. 39-42.
8. Węgrzyn T., Burdzik R.: Effect of Mn and Mo on the quality of welding trucks steel supporting structures. "Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering" JAMME, Vol. 43, Issue 1, Gliwice 2010, p. 276-279.
9. Węgrzyn T., Piwnik J., Silva A., Baranowski P., Plata M., Hadryś D.: Welding whit micro-jet cooling for low-oxygen process. Konferencja ICEUBI2011, Covilha, Portugal 2011.