



# ZESZYTY STUDENCKICH KÓŁ NAUKOWYCH

## Wpływ prędkości cięcia plazmą na jakość ciętej powierzchni

T. Musiał<sup>a</sup>, P. Patycki<sup>b</sup>, P. Wojciechowski<sup>c</sup>, T. Tański<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Student Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny  
email: tomek.musial1234@gmail.com,

<sup>b</sup> Student Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny  
email: pawwoj71@gmail.com

<sup>c</sup> Student Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny  
email: patyckip@gmail.com

<sup>d</sup> Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Materiałów Biomedycznych  
email: Tomasz.tanski@polsl.pl

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wpływ parametru prędkości cięcia plazmowego z wykorzystaniem powietrza jako gazu plazmowego na jakość ciętych powierzchni. Przeprowadzono badania pomiaru twardości, badania struktury strefy wpływu ciepła na mikroskopie świetlnym oraz badanie powierzchni cięcia na mikroskopie stereoskopowym.

**Abstract:** In the article submitted the influence of the speed parameter of plasmatic cut with using air as plasma gas on cutting areas quality. Studies of hardness, survey on the structure of heat impact area on the light microscope and examining the area of the cut on the stereoscopic microscope are reported.

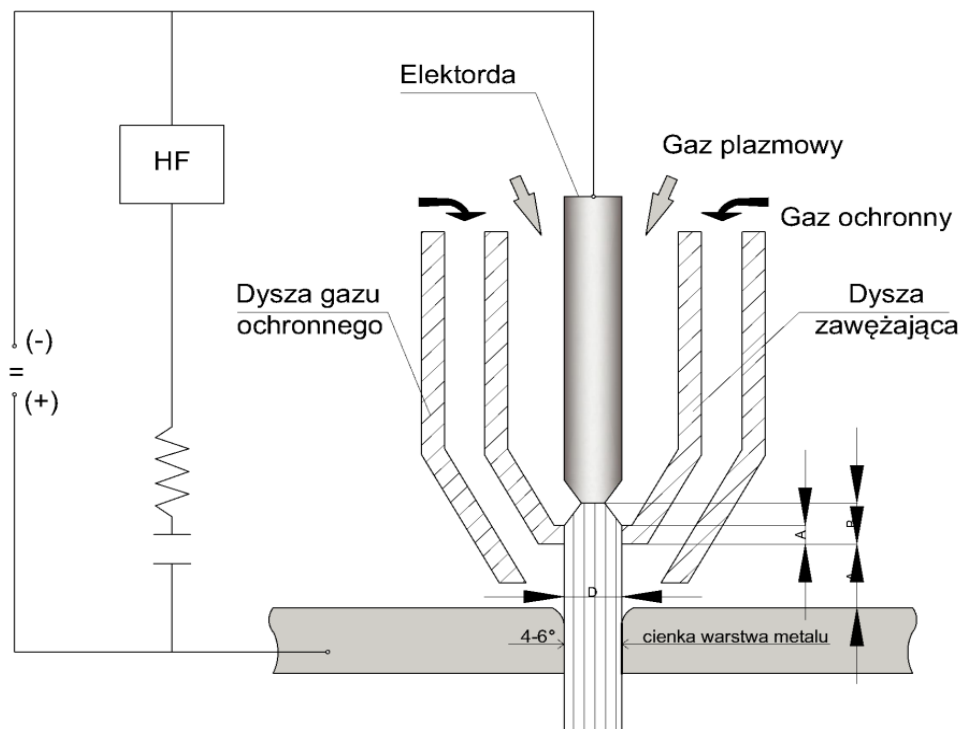
**Słowa kluczowe:** plazma, plazma powietrzna, cięcie plazmą, jakość, jakość ciętej powierzchni, prędkość cięcia.

### 1. WSTĘP

Proces cięcia polega na rozdzieleniu materiału na całej grubości według określonej linii podziału, przeważnie prostopadle do powierzchni ciętego przedmiotu [1]. W obecnych czasach najbardziej popularną metodą cięcia termicznego jest cięcie łukiem plazmowym [2]. Cięcie plazmowe polega na stapianiu oraz wyrzucaniu metalu ze szczeliny cięcia silnie skoncentrowanym plazmowym łukiem elektrycznym, który jarzy się pomiędzy elektrodą nietopliwą i ciętym przedmiotem. Plazmowy łuk elektryczny jest silnie zjonizowanym gazem

o dużej energii kinetycznej, który przemieszcza się z dyszy plazmowej zawężającej się w kierunku szczeliny cięcia z prędkością bliską prędkości dźwięku [3].

Do podstawowych parametrów cięcia można zaliczyć prędkość cięcia, natężenie prądu cięcia, napięcie łuku plazmowego, rodzaj, ciśnienie i natężenie przepływu gazu ochronnego, rodzaj, ciśnienie i natężenie przepływu gazu plazmowego, średnicę dyszy, rodzaj i konstrukcję elektrody oraz położenie palnika względem ciętego przedmiotu. Do cięcia plazmowego z wykorzystaniem powietrza jako gazu plazmowego stosuje się wyłącznie prąd stały z biegunowością ujemną [4-6].



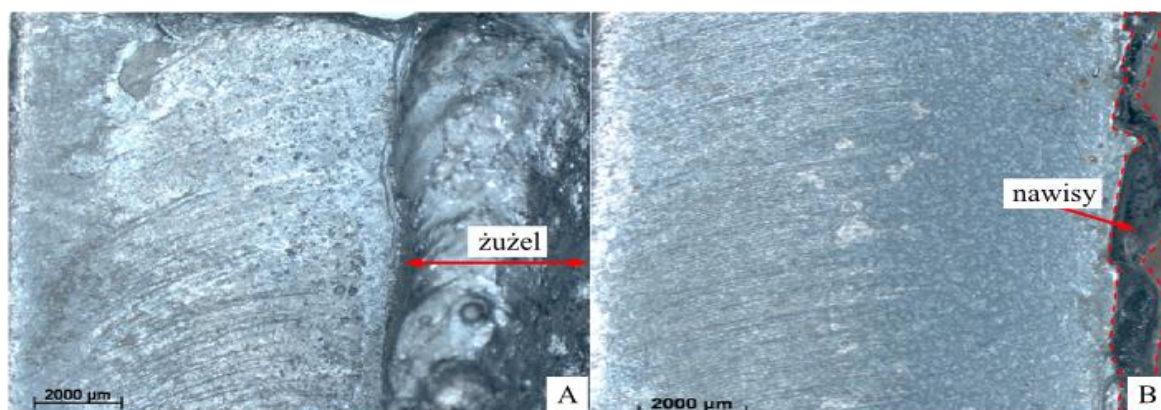
**Rys. 1.** Schemat cięcia plazmowego (HF - układ o wysokiej częstotliwości do zajarzania łuku plazmowego, A - wysokość kanału zawężającego dyszy, B - odległość powierzchni czołowej dyszy zawężającej od elektrody nietopliwej, C - odległość powierzchni ciętego materiału od dyszy zawężającej, D - średnica dyszy zawężającej) [1]

## 2. BADANIE WŁASNOŚCI POWIERZCHNI CIĘTEJ

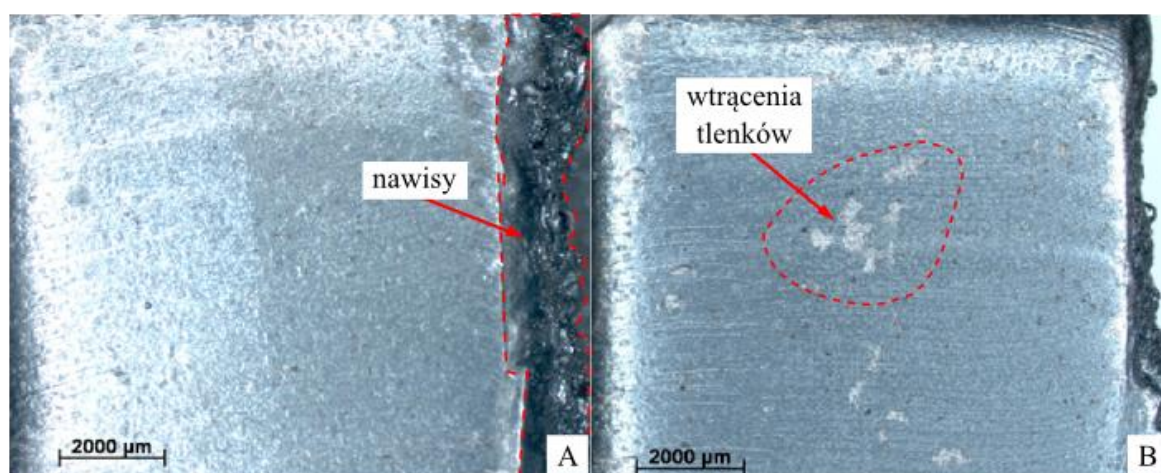
Badania przeprowadzono na stali S235JR o grubości 10 mm. Proces cięcia prowadzono przy stałych parametrach natężenia prądu, ciśnienia gazu plazmowego i stałej średnicy dyszy plazmowej. Parametrem zmiennym podczas cięcia plazmowego była prędkość w zakresie od 300 do 1800 mm/min.

### 2.1. Badania powierzchni cięcia na mikroskopie stereoskopowym

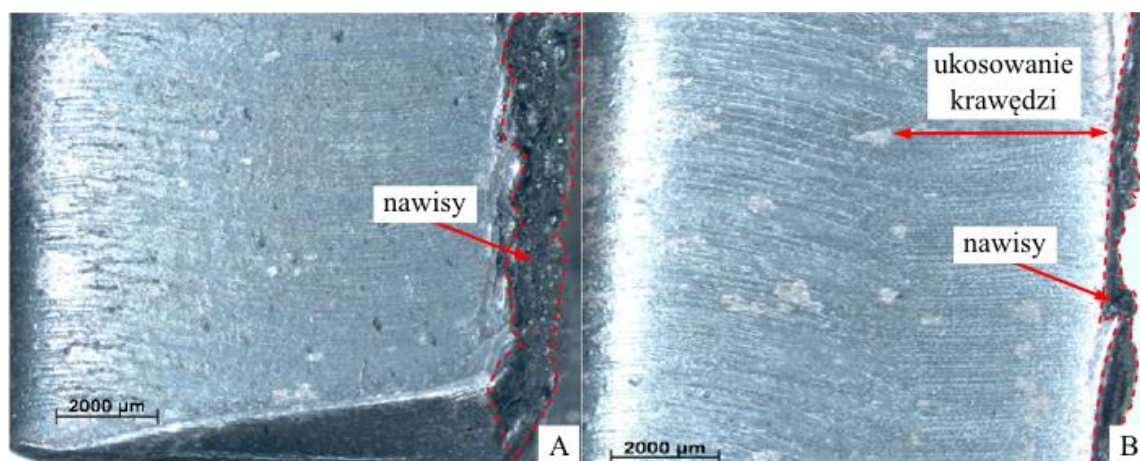
W celu przedstawienia jakości miejsc cięcia przeprowadzono badania na mikroskopie stereoskopowym (rys. 2-4).



**Rys. 2.** Krawędź powstała w procesie cięcia plazmą powietrzną z prędkością:  
a) 300 mm/min, b) 600 mm/min



**Rys. 3.** Krawędź powstała w procesie cięcia plazmą powietrzną z prędkością:  
a) 900 mm/min, b) 1200 mm/min



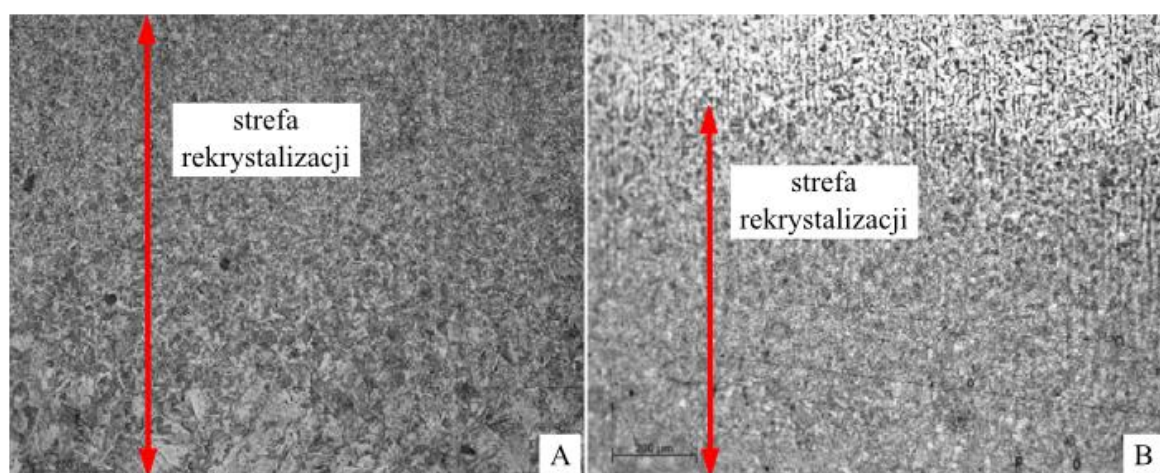
**Rys. 4.** Krawędź powstała w wyniku cięcia plazmą powietrzną z prędkością:  
a) 1500 mm/min, b) 1800 mm/min



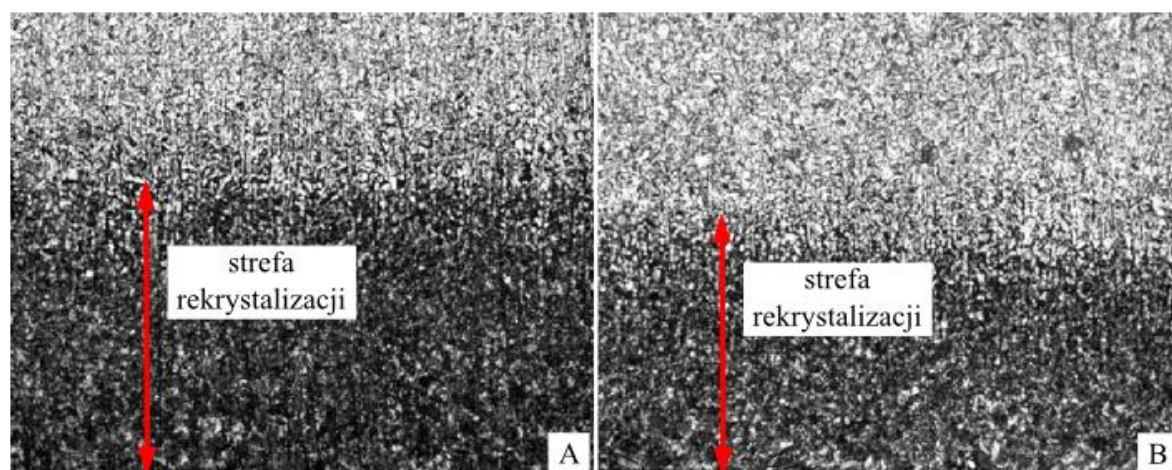
Podczas procesu cięcia plazmowego powstają nacieki na dolnej powierzchni cięcia, będące efektem stopienia metalu podczas procesu technologicznego. Na wymiar i geometrię tych nacieków wpływ ma prędkość cięcia oraz skład chemiczny materiału ciętego (głównie zawartość krzemu).

## 2.2. Badania powierzchni cięcia na mikroskopie stereoskopowym

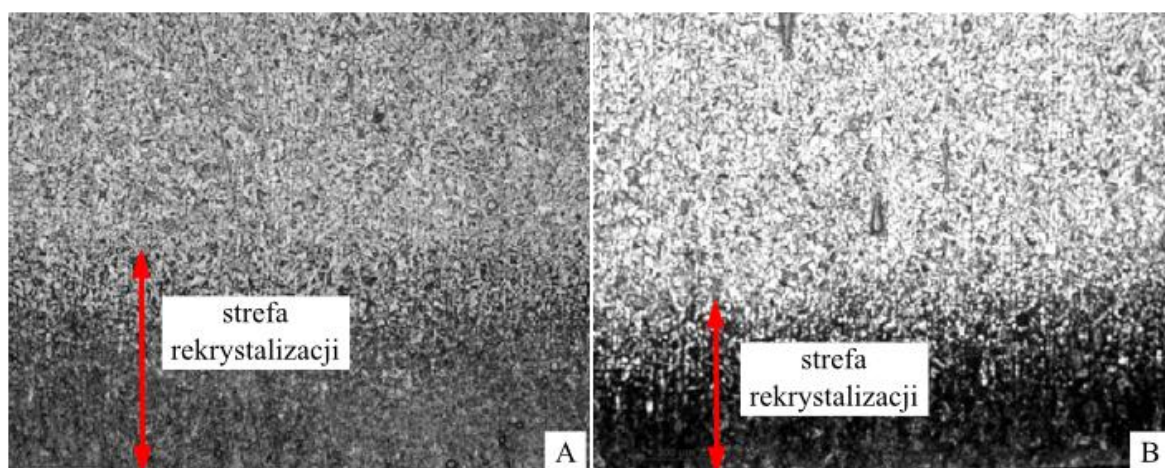
W celu określenia struktury warstwy przypowierzchniowej obrabianego materiału wykonano obserwacje zglądów metalograficznych na mikroskopie świetlnym. Zdjęcia struktur (rys. 5-7) zostały wykonane przy powiększeniu 100x.



**Rys. 5.** Struktura przy powierzchni cięcia powstała w wyniku cięcia plazmą powietrzną z prędkością: a) 300 mm/min, b) 600 mm/min



**Rys. 6.** Struktura przy powierzchni cięcia powstała w wyniku cięcia plazmą powietrzną z prędkością: a) 900 mm/min, b) 1200 mm/min



**Rys. 7.** Struktura przy powierzchni cięcia powstała w wyniku cięcia plazmą powietrzną z prędkością: a) 1500 mm/min b) 1800 mm/min

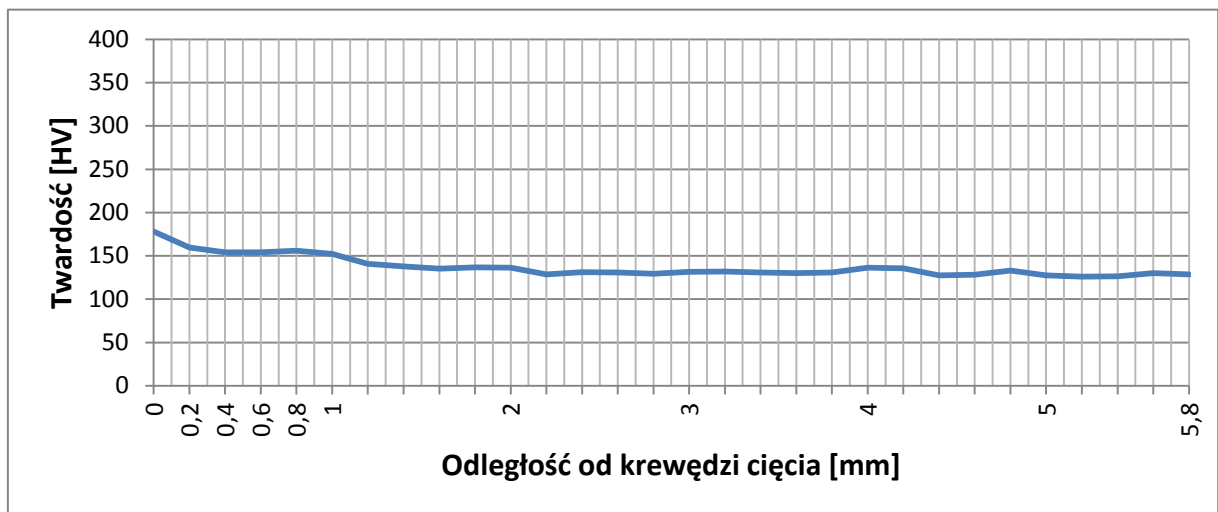
Na przedstawionych zdjęciach metalograficznych można zaobserwować, że przy krawędzi cięcia powstaje charakterystyczna warstwa przetopienia metalu. Warstwa ta bardzo trudno ulega trawieniu. Najprawdopodobniej metal ten podczas procesu technologicznego uległ stopieniu, a następnie ponownie skrytalizował. Szerokość warstwy zależy od prędkości cięcia i zmniejsza się wraz z jej wzrostem. Jednocześnie wraz ze wzrostem prędkości cięcia plazmowego maleje ilość ciepła wprowadzana do obrabianego materiału. Przy krawędzi cięcia elementów widoczne są także ziarna o większych wymiarach niż ziarna materiału rodzimego – czego przyczyną może być fakt wolnego chłodzenia warstwy stopionej.

Warstwa rekrytalizacji oraz częściowej rekrytalizacji widoczne na przedstawionych obrazach mikroskopowych podczas trawienia nitalem barwi się na kolor czarny lub ciemno szary. Wskazuje to na obecność zanieczyszczeń tlenkowych w strefie wpływu ciepła przy krawędzi cięcia plazmowego. Powstały one wskutek oddziaływania tlenu z atmosfery lub z łuku plazmy powietrznej na materiał podłoża.

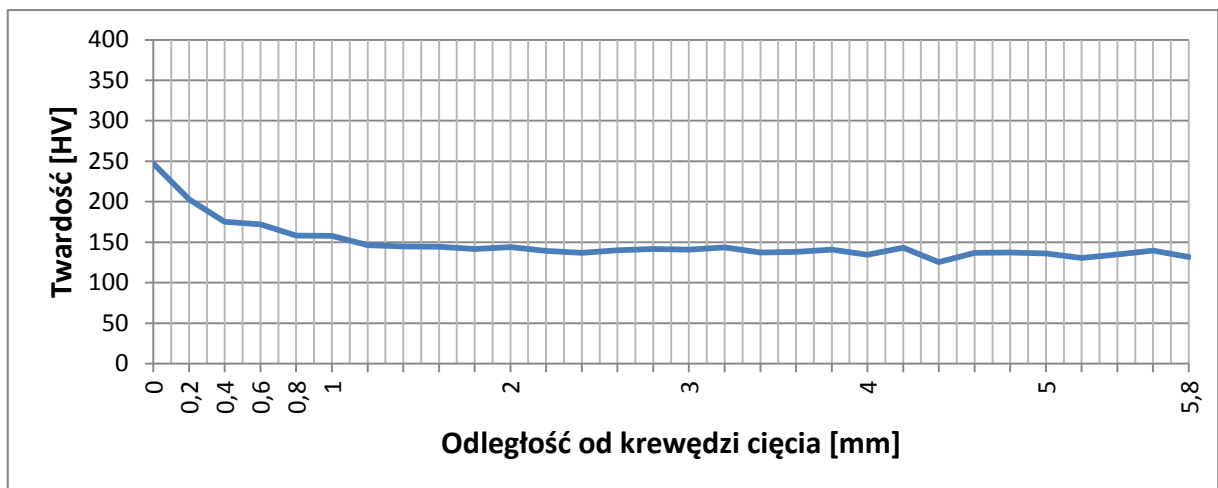
### 2.3. Pomiar twardości

Do pomiaru twardości wykorzystano statyczną metodę pomiaru twardości, która polega na wciskaniu wgnętnika w materiał poza granicę jego sprężystości, aż do momentu spowodowania odkształceń trwałych. Badanie przeprowadzono metodą Vickersa z zadanym obciążeniem wynoszącym 300g. Pomiary wykonano dla sześciu próbek zgodnie z normą PN-EN ISO 6507-1:2007. Otrzymane wyniki przedstawiono na rys. 8-13.

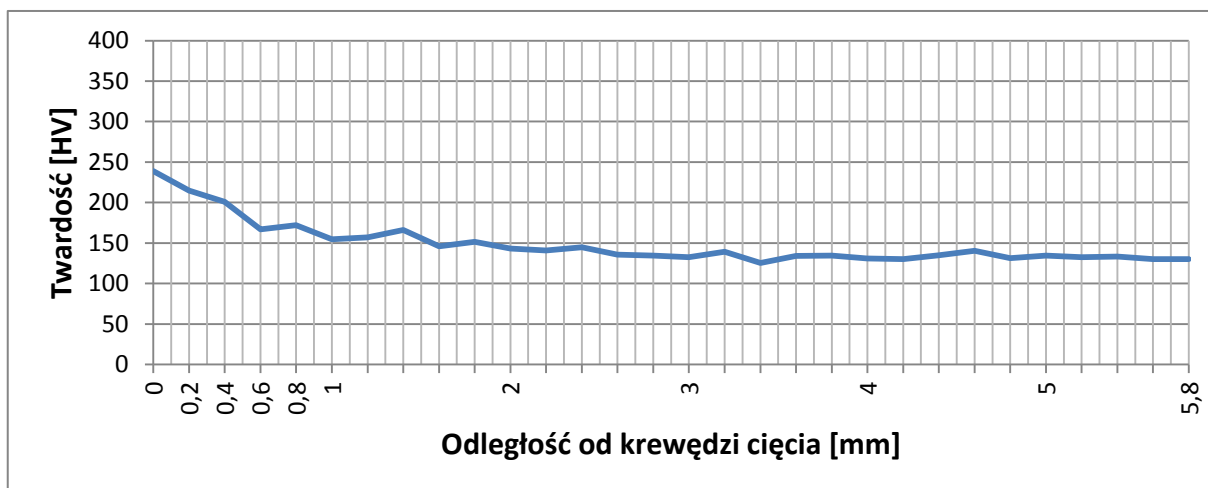
Najwyższa twardość po cięciu plazmowym z wykorzystaniem powietrza jako gazu plazmowego wynosiła 362,19 HV i mieści się ona w dopuszczalnej maksymalnej twardości krawędzi, która wynosi 380 HV według normy PN-EN 1090-2+A1.



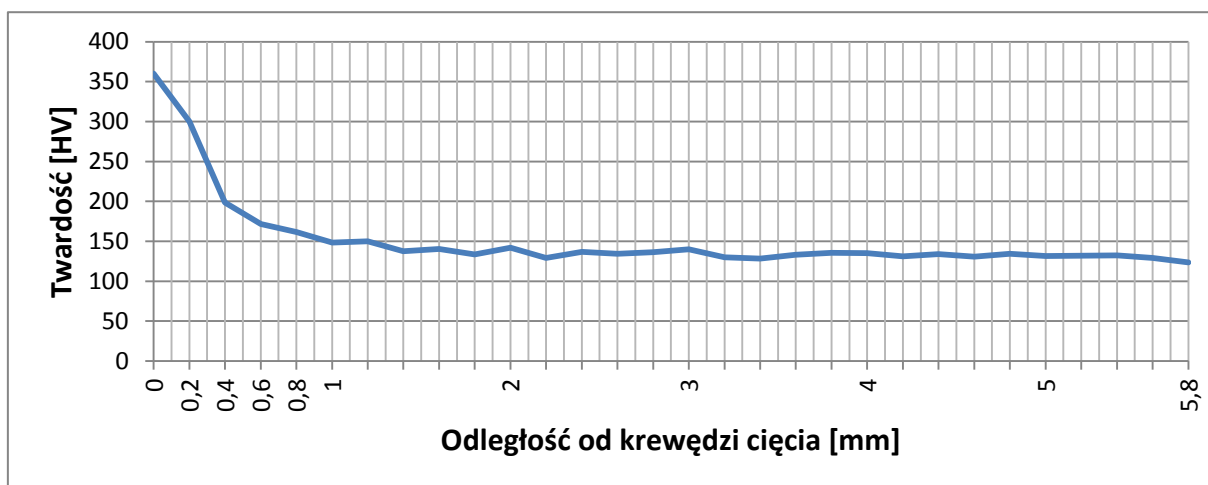
Rys. 8. Wykres twardości próbki nr 1 (cięcie z prędkością 300 mm/min)



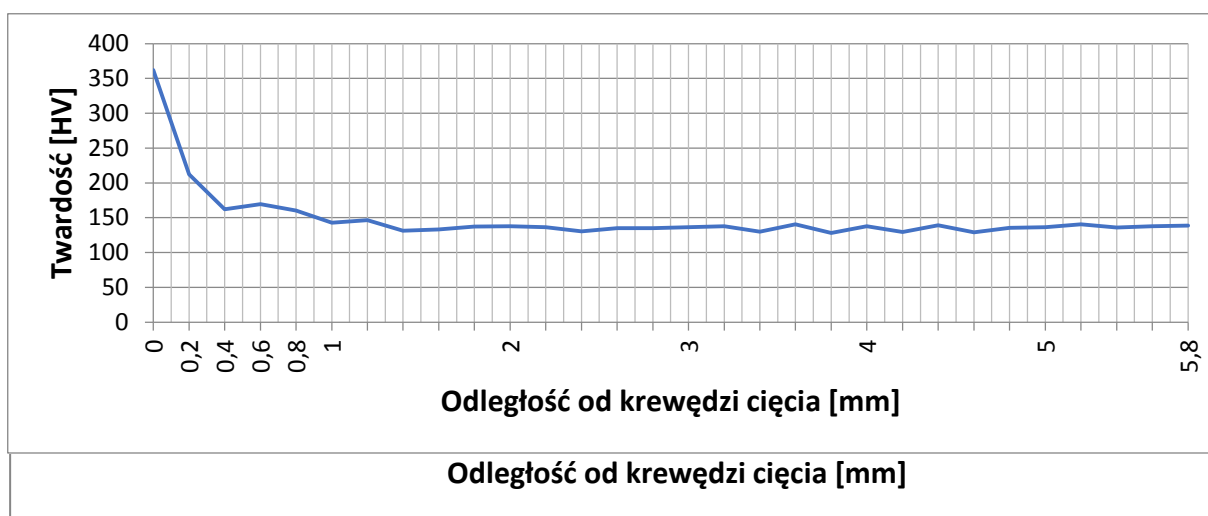
Rys. 9. Wykres twardości próbki nr 2 (cięcie z prędkością 600 mm/min)



Rys. 10. Wykres twardości próbki nr 3 (cięcie z prędkością 900 mm/min)



Rys. 12. Wykres twardości próbki nr 5 (cięcie z prędkością 1500 mm/min)



Rys. 13. Wykres twardości próbki nr 6 (cięcie z prędkością 1800 mm/min)

#### 4. PODSUMOWANIE

Celem pracy było określenie wpływu parametrów procesu cięcia łukiem plazmowym z wykorzystaniem powietrza jako gazu plazmowego na jakość obrabianej krawędzi. Do badania użyto blachy S235JR o grubości 10 mm.

W wyniku procesu technologicznego na powierzchni ciętej powstaje warstwa, która bardzo trudno ulega trawieniu. Jest to strefa rekrytalizacji, w której występują ziarna o większym wymiarze niż w materiale rodzimym. Ponadto w strefie tej występują tlenkowe zanieczyszczenia wprowadzone podczas cięcia plazmowego na drodze oddziaływania powietrza atmosferycznego. Szerokość tej warstwy maleje wraz ze wzrostem prędkości cięcia.

Parametry cięcia mają istotny wpływ na twardość krawędzi ciętej. Przeprowadzone badania twardości pokazały, że wraz ze wzrostem prędkości cięcia rośnie twardość krawędzi cięcia (od 178,22 do 362,19 HV).

Dzięki badaniom przeprowadzonym na mikroskopie stereoskopowym, przy krawędziach cięcia plazmowego można zaobserwować nawisy w postaci produktów przetopienia metalu. Największe i najtrudniej usuwalne nawisy powstają przy prędkości 300 mm/min. Przy zastosowaniu prędkości 600 i 900 mm/min powstają niewielkie nawisy i są one bardzo łatwo usuwalne (usuwanie ręczne). Podczas stosowania prędkości 1200 i 1500 mm/min powstają nawisy o najmniejszym wymiarze.

#### LITERATURA

1. A. Klimpel, Podręcznik spawalnictwa. T. 1, Technologie spawania i cięcia, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2013.
2. A. Klimpel, Technologia spawania i cięcia metali, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1998.
3. A. Kordus, Plazma: właściwości i zastosowania w technice, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1985.
4. J. Górka, M. Krysta, Jakość cięcia stali obrobionej termomechanicznie plazmą powietrzną, laserem i strumieniem wody, Przegląd spawalnictwa nr 8/2007 s.102.
5. J. Górka, Wpływ procesu cięcia plazmą powietrzną na jakość połączeń spawanych, Przegląd spawalnictwa nr 7/2003 s.5.
6. M. S. Węglowski, T. Pfeifer, Advances in Manufacturing Science and Technology, Influence of cutting technology on properties of the cutting edges, Vol. 38, No. 2, 2014 s.63.