

Analiza rozrzutu parametrów w Instrukcji Technologicznej Spawania na przykładzie wybranych metod spawania

An analysis of dispersion parameters in the Welding Procedure Specification on the example of particular welding methods

Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę rozrzutu parametrów technologicznych stosowanych podczas procesu spawania. Zaprezentowano wybrane Protokoły Kwalifikowania Technologii Spawania WPQR na podstawie których przeprowadzono ocenę rozrzutu parametrów technologicznych. Analiza została przeprowadzona w oparciu o założenia teoretyczne opisane w PN-EN ISO 15614, wartości praktyczne wynikające z warunków produkcyjnych oraz o tolerancje wskazań wartości elektrycznych, które są stosowane dla urządzeń do spawania elektrycznego.

Słowa kluczowe: spawanie; parametry spawania; Instrukcja Technologiczna Spawania; Protokół Kwalifikowania Technologii Spawania

Abstract

An analysis of the dispersion analysis of technological parameters used during a process of welding is presented in the article. Selected Welding Procedure Qualification Records (WPQR) are described, on base of which an assessment of dispersion analysis of technological parameters is made. An analysis was made based on the theory described in the PN-EN ISO 15614 standard, practical values resulting from the production conditions, as well as an indication tolerance of electrical values, which are used for electrical welding devices.

Keywords: welding; welding parameters; Welding Procedure Specification; Welding Procedure Qualification Record

Wstęp

Procesy spawalnicze są zaliczane do procesów specjalnych, czyli takich procesów, których wyników nie można przewidzieć w trakcie ich trwania. Poprawność tego procesu można sprawdzić w badaniach końcowych po zakończeniu spawania. W związku tym, że procesy spawalnicze są procesami specjalnymi, normy dotyczące jakości mówią jednoznacznie:

– PN-EN ISO 9001 Systemy zarządzania jakością – Wymagania

Rozdział 7.5.2 – Walidacja procesów produkcji i dostarczenia usługi

Organizacja powinna przeprowadzić walidację każdego procesu produkcji i procesu dostarczenia usługi, gdy wyników nie można zweryfikować poprzez monitorowanie lub pomiary i w konsekwencji czego, błędy ujawniają się dopiero w trakcie użytkowania wyrobu lub po wykonaniu usługi. Walidacja powinna wykazać zdolność tych procesów do osiągnięcia zaplanowanych wyników [1].

– PN-EN ISO 3834 – 2 Wymagania jakości dotyczące spawania materiałów metalowych – Część 2: Pełne wymagania jakości

Rozdział 10.3 – Kwalifikowanie technologii spawania

Technologie spawania powinny być kwalifikowane przed rozpoczęciem produkcji. Metody kwalifikowania powinny

być zgodne z odpowiednimi normami wyrobu lub jak ustalono w specyfikacji [2].

Kwalifikowanie technologii spawania można przeprowadzić następującymi metodami:

– kwalifikowanie na podstawie zbadanych materiałów dodatkowych do spawania,

– kwalifikowanie na podstawie wcześniej nabytego doświadczenia,

– kwalifikowanie na podstawie standardowej technologii spawania,

– kwalifikowanie na podstawie przedprodukcyjnego badania spawania,

– kwalifikowanie na podstawie badania technologii spawania.

Kwalifikowanie technologii spawania najczęściej jest prowadzone na podstawie badania technologii spawania wg normy PN-EN ISO 15614. Metoda ta polega na wykonaniu i zbadaniu znormalizowanego złącza próbnego. Jeżeli podczas badań otrzymano pozytywne wyniki efektem końcowym kwalifikowania technologii spawania jest Protokół Kwalifikowania Technologii Spawania (WPQR). W dokumencie tym są zawarte istotne dla procesu spawania informacje takie jak:

– metoda spawania,

– rodzaj złącza,

Dr hab. Inż. Jacek Słania, prof. PCz – Politechnika Częstochowska, **mgr inż. Daniel Ptaszek** – KAN Sp. z o.o. Wytwórnia Konstrukcji Stalowych, Radomsko.

Autor korespondencyjny/Corresponding author: jacek_slania@poczta.onet.pl

	Prüfstück: (Prübe):	Geltungsbereich: (Zakres kwalifikacji):
Schweißprozess(e): (Proces spawania):	135	135
Stoßart/Nahart: (Rodzaj złącza i spoiny):	BW	BW
Grundwerkstoffgruppe(n) und Untergruppe(n) (Grupa materiału podstawowego i podgrupa)	S460M (2.1 CEN ISO/TR 15608)	1; 2.1 (CEN ISO/TR 15608)
Dicke des Grundwerkstoffes (mm): (Grubość materiału podstawowego):	30	15 – 60
Dicke des Schweißgutes (mm): (Grubość spoiny - mm)	30	15 – 60
Kehlnahtdicke (mm): (Grubość spoiny pachwinowej - mm)	–	–
Einlagig/mehrlagig: (Jednościegowa / wielościegowa):	mehrlagig (wielościegowa)	mehrlagig (wielościegowa)
Rohr Außendurchmesser (mm): (Zewnętrzna średnica rury - mm):	–	–
Bezeichnung des Zusatzwerkstoffes: (Oznaczenie materiału dodatkowego):	–	–
Hersteller des Zusatzwerkstoffes: (producent i nazwa handlowa materiału dodatkowego):	–	–
Durchmesser des Zusatzwerkstoffes: (Wymiar materiału dodatkowego):	Ø1,2 mm	Siehe Pkt. 8.4.6 (EN ISO15614-1) (patrz)

	M21 – EN ISO 14175	M 21 – EN ISO 14175
Bezeichnung des Schutzgases/Pulver: (Oznaczenie gazu osłonowego / topnika):	–	–
Bezeichnung des Formiergases: (Rodzaj prądu spawania i biegunowości):	–	–
Schweißstromart und Polung: (Rodzaj prądu spawania i biegunowości):	DC (+)	DC (+)
Art des Tropfenüberganges: (Sposób przeniesienia metalu):	Lang- / Sprühlichtbogen (tuk grubokroplowy/ natryskowy)	Lang- / Sprühlichtbogen (tuk grubokroplowy/ natryskowy)
Streckenenergie: (Energia linowa):	10,7 + 17,9 kJ/cm 12,8kJ/cm durchschnittlich (średnia)	12,8 kJ/cm ± 25 %
Wärmeeinbringung nach EN 1011-1; k= 0,8: (Ilość wprowadzonego ciepła wg EN 1011-1; k= 0,8):	8,5 + 14,3 kJ/cm 10,3kJ/cm durchschnittlich (średnia)	10,3 kJ/cm ± 25 %
Schweißpositionen: (Pozycje spawania):	PA	PA

Rys. 1. WPQR 1
Fig. 1. Welding Procedure Qualification Record 1

	Prüfstück: (Prübe):	Geltungsbereich: (Zakres kwalifikacji):
Schweißprozess(e): (Proces spawania):	135	135
Stoßart/Nahart: (Rodzaj złącza i spoiny):	FW	FW
Grundwerkstoffgruppe(n) und Untergruppe(n) (Grupa materiału podstawowego i podgrupa)	S460M (2.1 CEN ISO/TR 15608)	1; 2.1 (CEN ISO/TR 15608)
Dicke des Grundwerkstoffes (mm): (Grubość materiału podstawowego):	30	≥ 5
Dicke des Schweißgutes (mm): (Grubość spoiny - mm)	–	–
Kehlnahtdicke (mm): (Grubość spoiny pachwinowej - mm)	9	keine Einschränkung (bez ograniczeń)
Einlagig/mehrlagig: (Jednościegowa / wielościegowa):	mehrlagig (wielościegowa)	mehrlagig (wielościegowa)
Rohr Außendurchmesser (mm): (Zewnętrzna średnica rury - mm):	–	–
Bezeichnung des Zusatzwerkstoffes: (Oznaczenie materiału dodatkowego):	–	–
Hersteller des Zusatzwerkstoffes: (producent i nazwa handlowa materiału dodatkowego):	–	–
Durchmesser des Zusatzwerkstoffes: (Wymiar materiału dodatkowego):	1,2	Siehe Pkt. 8.4.6 (EN ISO15614-1) (patrz)

	M21 – EN ISO 14175	M 21 – EN ISO 14175
Bezeichnung des Schutzgases/Pulver: (Oznaczenie gazu osłonowego / topnika):	–	–
Bezeichnung des Formiergases: (Rodzaj prądu spawania i biegunowości):	–	–
Schweißstromart und Polung: (Rodzaj prądu spawania i biegunowości):	DC (+)	DC (+)
Art des Tropfenüberganges: (Sposób przeniesienia metalu):	Sprühlichtbogen (tuk natryskowy)	Lang- / Sprühlichtbogen (tuk grubokroplowy/ natryskowy)
Streckenenergie: (Energia linowa):	11,0 – 15,7 kJ/cm ; 12,5 kJ/cm durchschnittlich (średnia)	12,5 kJ/cm +/- 25 %
Wärmeeinbringung nach EN 1011-2; ε= 0,85: (Ilość wprowadzonego ciepła wg EN 1011-2; ε = 0,85):	8,8 – 12,5 kJ/cm ; 10,0 kJ/cm durchschnittlich (średnia)	10,0 kJ/cm +/- 25 %
Schweißpositionen: (Pozycje spawania):	PB	PB

Rys. 2. WPQR 2
Fig. 2. Welding Procedure Qualification Record 2

- grubość i gatunek materiału podstawowego i zakres kwalifikowanej grubości materiału podstawowego,
- grubość spoiny pachwinowej i jej zakres kwalifikowanej grubości,
- rodzaj materiału dodatkowego,
- i co najbardziej istotne jest podana energia liniowa oraz ilość wprowadzonego ciepła.

Ilość wprowadzonego ciepła podczas procesu spawania ma bardzo istotne znaczenie dla jakości złącza spawanego. Parametr ten wpływa na własności mechaniczne złącza spawanego. Gdy ilość wprowadzonego ciepła jest zbyt duża, może to powodować rozrost ziaren i utworzyć strukturę gruboziarnistą, która charakteryzuje się obniżonymi własnościami plastycznymi. Natomiast zbyt mała ilość wprowadzonego ciepła może powodować to, że złącze szybciej stygnie, a to wpływa na wzrost twardości i powstawanie pęknięć zimnych w wyniku podhartowań [3,4,7,8].

Poniżej przedstawiono przykłady trzech Protokołów Kwalifikowania Technologii Spawania (WPQR) [1÷6]. Wybrano akurat te protokoły, aby przedstawić jak najszerszy zakres rodzajów i wymiarów spoin oraz metod spawania.

	Prüfstück: (Prübe):	Geltungsbereich: (Zakres kwalifikacji):
Schweißprozess(e): (Proces spawania):	121 (GRANGES)	121
Stoßart/Nahart: (Rodzaj złącza i spoiny):	FW	FW
Grundwerkstoffgruppe(n) und Untergruppe(n) (Grupa materiału podstawowego i podgrupa)	S460M – EN 10025-4 (2.1 CEN ISO/TR 15608)	1; 2.1 (CEN ISO/TR 15608)
Dicke des Grundwerkstoffes (mm): (Grubość materiału podstawowego):	t=16	8 - 32
Dicke des Schweißgutes (mm): (Grubość spoiny - mm)	–	–
Kehlnahtdicke (mm): (Grubość spoiny pachwinowej - mm)	5	3,75 – 7,5
Einlagig/mehrlagig: (Jednościegowa / wielościegowa):	einlagig (jednościegowa)	einlagig (jednościegowa)
Rohr Außendurchmesser (mm): (Zewnętrzna średnica rury - mm):	–	–
Durchmesser des Zusatzwerkstoffes: (Wymiar materiału dodatkowego):	3,0	Siehe Pkt. 8.4.6 (EN ISO15614-1) (patrz)

	Prüfstück: (Prübe):	Geltungsbereich: (Zakres kwalifikacji):
Schweißprozess(e): (Proces spawania):	135	135
Stoßart/Nahart: (Rodzaj złącza i spoiny):	FW	FW
Grundwerkstoffgruppe(n) und Untergruppe(n) (Grupa materiału podstawowego i podgrupa)	S460M (2.1 CEN ISO/TR 15608)	1; 2.1 (CEN ISO/TR 15608)
Dicke des Grundwerkstoffes (mm): (Grubość materiału podstawowego):	30	≥ 5
Dicke des Schweißgutes (mm): (Grubość spoiny - mm)	–	–
Kehlnahtdicke (mm): (Grubość spoiny pachwinowej - mm)	9	keine Einschränkung (bez ograniczeń)
Einlagig/mehrlagig: (Jednościegowa / wielościegowa):	mehrlagig (wielościegowa)	mehrlagig (wielościegowa)
Rohr Außendurchmesser (mm): (Zewnętrzna średnica rury - mm):	–	–
Bezeichnung des Zusatzwerkstoffes: (Oznaczenie materiału dodatkowego):	–	–
Hersteller des Zusatzwerkstoffes: (producent i nazwa handlowa materiału dodatkowego):	–	–
Durchmesser des Zusatzwerkstoffes: (Wymiar materiału dodatkowego):	1,2	Siehe Pkt. 8.4.6 (EN ISO15614-1) (patrz)

Rys. 3. WPQR 3
Fig. 3. Welding Procedure Qualification Record 3

Na podstawie Protokołu Kwalifikowania Technologii Spawania (WPQR) tworzona jest Instrukcja Technologiczna Spawania (WPS). W WPS-ie zawarte są podstawowe informacje potrzebne spawaczowi na temat złącza, które ma wykonać. Znajdują się tam takie informacje jak rodzaj złącza i jego ukształtowanie, rodzaj materiału podstawowego i dodatkowego oraz informacje na temat specjalnych zabiegów, które trzeba wykonać jak podgrzewanie, żłobienie itp.

W instrukcji technologicznej spawania umieszczone są również parametry technologiczne takie jak natężenie prądu, napięcie, prędkość spawania. Są one bardzo istotne, ponieważ wpływają bezpośrednio na bardzo istotny parametr, o którym wspomniano wcześniej, energię linową [1].

Poniżej przedstawiono przykładowe trzy czynniki, które wpływają na wartości parametrów elektrycznych podawanych w WPS-ach.

Założenia teoretyczne wynikające z normy PN-EN ISO 15614

Norma PN-EN ISO 15614 w punkcie 8.4.8 mówi: „Jeżeli stosuje się wymagania dotyczące udarności, kwalifikowana górna granica wprowadzonego ciepła jest 25% wyższa niż stosowana podczas spawania złącza próbnego. Jeżeli stosuje się wymagania dotyczące twardości, kwalifikowana dolna granica wprowadzonego ciepła jest 25% niższa niż stosowana podczas spawania złącza próbnego” [5].

W związku z tym, że większość technologii spawania jest kwalifikowana przy stosowaniu wymagań dotyczących twardości i udarności, można przyjąć, że tolerancja energii liniowej podczas wykonywania złączy wynosi +/- 25%.

Podając parametry spawania jak natężenie prądu, napięcie oraz prędkość spawania w WPS-ie należy uwzględnić zakres zmienności energii liniowej. Najczęściej odbywa się to poprzez podawanie zakresu lub tolerancji wg następującej reguły:

- natężenie prądu +/-10%,
- napięcie +/-2%,
- prędkość spawania +/-10%.

Poniżej przedstawiono wyniki obliczeń zakresu zmienności energii liniowej dla podanej wyżej reguły dla poszczególnych WPQR-ów, i tak:

Tablica I. Parametry technologiczne WPQR 1

Table I. Technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 1

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
1	125 +/-10%	19 +/-2%	12 +/-10%	12 +/-25%
2	268 +/-10%	31 +/-2%	47 +/-10%	11 +/-25%
3	282 +/-10%	31 +/-2%	27 +/-10%	19 +/-25%
4-16	292 +/-10%	31 +/-2%	42 +/-10%	13 +/-25%
17-21	293 +/-10%	31 +/-2%	47 +/-10%	12 +/-25%

Tablica II. Zakres parametrów technologicznych WPQR 1

Table II. A range of technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 1

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
	-10%	0%	0%	
1	112,5	19	12	10,7
2	241,2	31	47	9,5
3	253,8	31	27	17,5
4-16	262,8	31	42	11,6
17-21	263,7	31	47	10,4
	-10%	-2%	0%	
1	112,5	18,62	12	10,5
2	241,2	30,38	47	9,4
3	253,8	30,38	27	17,1
4-16	262,8	30,38	42	11,4
17-21	263,7	30,38	47	10,2
	-10%	+2%	0%	
1	112,5	19,38	12	10,9
2	241,2	31,62	47	9,7
3	253,8	31,62	27	17,8
4-16	262,8	31,62	42	11,9
17-21	263,7	31,62	47	10,6
	0%	-2%	0%	
1	125	18,62	12	11,6
2	268	30,38	47	10,4
3	282	30,38	27	19,0
4-16	292	30,38	42	12,7
17-21	293	30,38	47	11,4

	0%	+2%	0%	
1	125	19,38	12	12,1
2	268	31,62	47	10,8
3	282	31,62	27	19,8
4-16	292	31,62	42	13,2
17-21	293	31,62	47	11,8
	+10%	0%	0%	
1	137,5	19	12	13,1
2	294,8	31	47	11,7
3	310,2	31	27	21,4
4-16	321,2	31	42	14,2
17-21	322,3	31	47	12,8
	+10%	-2%	0%	
1	137,5	18,62	12	12,8
2	294,8	30,38	47	11,4
3	310,2	30,38	27	20,9
4-16	321,2	30,38	42	13,9
17-21	322,3	30,38	47	12,5
	+10%	+2%	0%	
1	137,5	19,38	12	13,3
2	294,8	31,62	47	11,9
3	310,2	31,62	27	21,8
4-16	321,2	31,62	42	14,5
17-21	322,3	31,62	47	13,0
	-10%	0%	-10%	
1	112,5	19	10,8	11,9
2	241,2	31	42,3	10,6
3	253,8	31	24,3	19,4
4-16	262,8	31	37,8	12,9
17-21	263,7	31	42,3	11,6
	-10%	-2%	-10%	
1	112,5	18,62	10,8	11,6
2	241,2	30,38	42,3	10,4
3	253,8	30,38	24,3	19,0
4-16	262,8	30,38	37,8	12,7
17-21	263,7	30,38	42,3	11,4
	-10%	+2%	-10%	
1	112,5	19,38	10,8	12,1
2	241,2	31,62	42,3	10,8
3	253,8	31,62	42,3	19,8
4-16	262,8	31,62	37,8	13,2
17-21	263,7	31,62	42,3	11,8
	0%	-2%	-10%	
1	125	18,62	10,8	12,9
2	268	30,38	42,3	11,5
3	282	30,38	24,3	21,2

4-16	292	30,38	37,8	14,1
17-21	293	30,38	42,3	12,6
	0%	+2%	-10%	
1	125	19,38	10,8	13,5
2	268	31,62	42,3	12,0
3	282	31,62	24,3	22,0
4-16	292	31,62	37,8	14,7
17-21	293	31,62	42,3	13,1
	0%	0%	-10%	
1	125	19	10,8	13,2
2	268	31	42,3	11,8
3	282	31	24,3	21,6
4-16	292	31	37,8	14,4
17-21	293	31	42,3	12,9
	+10%	0%	-10%	
1	137,5	19	10,8	14,5
2	294,8	31	42,3	13,0
3	310,2	31	24,3	23,7
4-16	321,2	31	37,8	15,8
17-21	322,3	31	42,3	14,2
	+10%	-2%	-10%	
1	137,5	18,62	10,8	14,2
2	294,8	30,38	42,3	12,7
3	310,2	30,38	24,3	23,3
4-16	321,2	30,38	37,8	15,5
17-21	322,3	30,38	42,3	13,9
	+10%	+2%	-10%	
1	137,5	19,38	10,8	14,8
2	294,8	31,62	42,3	13,2
3	310,2	31,62	24,3	24,2
4-16	321,2	31,62	37,8	16,1
17-21	322,3	31,62	42,3	14,5
	-10%	0%	+10%	
1	112,5	19	13,2	9,7
2	241,2	31	51,7	8,7
3	253,8	31	29,7	15,9
4-16	262,8	31	46,2	10,6
17-21	263,7	31	51,7	9,5
	-10%	-2%	+10%	
1	112,5	18,62	13,2	9,5
2	241,2	30,38	51,7	8,5
3	253,8	30,38	29,7	15,6
4-16	262,8	30,38	46,2	10,4
17-21	263,7	30,38	51,7	9,3
	-10%	+2%	+10%	
1	112,5	19,38	13,2	9,9

2	241,2	31,62	51,7	8,9
3	253,8	31,62	29,7	16,2
4-16	262,8	31,62	46,2	10,8
17-21	263,7	31,62	51,7	9,7
	0%	-2%	+10%	
1	125	19,38	13,2	11,0
2	268	31,62	51,7	9,8
3	282	31,62	29,7	18,0
4-16	292	31,62	46,2	12,0
17-21	293	31,62	51,7	10,8
	0%	0%	+10%	
1	125	19	13,2	10,8
2	268	31	51,7	9,6
3	282	31	29,7	17,7
4-16	292	31	46,2	11,8
17-21	293	31	51,7	10,5
	+10%	0%	+10%	
1	137,5	19	13,2	11,9
2	294,8	31	51,7	10,6
3	310,2	31	29,7	19,4
4-16	321,2	31	46,2	12,9
17-21	322,3	31	51,7	11,6
	+10%	-2%	+10%	
1	137,5	18,62	13,2	11,6
2	294,8	30,38	51,7	10,4
3	310,2	30,38	29,7	19,0
4-16	321,2	30,38	46,2	12,7
17-21	322,3	30,38	51,7	11,4
	+10%	+2%	+10%	
1	137,5	19,38	13,2	12,1
2	294,8	31,62	51,7	10,8
3	310,2	31,62	29,7	19,8
4-16	321,2	31,62	46,2	13,2
17-21	322,3	31,62	51,7	11,8

Tablica III. Zestawienie wyników WPQR 1

Table III. A summary of results of the Welding Procedure Qualification Record 1

ENERGIA LINIOWA, KJ/CM	DOPUSZCZALNE ZMIANY, WARTOŚCI KJ/CM	OTRZYMANE WYNIKI, KJ/CM
12 +/-25%	9,0 - 15,0	9,5 - 14,8
11 +/-25%	8,3 - 13,8	8,5 - 13,2
19 +/-25%	14,3 - 23,8	15,6 - 24,2
13 +/-25%	9,8 - 16,3	10,4 - 16,1
12 +/-25%	9,0 - 15,0	9,3 - 14,5

Tablica IV. Parametry technologiczne WPQR 2

Table IV. Technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 2

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
1	297 +/-10%	31 +/-2%	35 +/-10%	15,8 +/-25%
2-3	285 +/-10%	31 +/-2%	47 +/-10%	11,3 +/-25%

Tablica V. Zakres parametrów technologicznych WPQR 2

Table V. A range of technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 2

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
	-10,00%	0,00%	0,00%	
1	267,3	31	35	14,2
2-3	256,5	31	47	10,2
	-10,00%	-2,00%	0,00%	
1	267,3	30,38	35	13,9
2-3	256,5	30,38	47	9,9
	-10,00%	+2%	0,00%	
1	267,3	31,62	35	14,5
2-3	256,5	31,62	47	10,4
	0,00%	-2,00%	0,00%	
1	297	30,38	35	15,5
2-3	285	30,38	47	11,1
	0,00%	+2%	0,00%	
1	297	31,62	35	16,1
2-3	285	31,62	47	11,5
	+10%	0,00%	0,00%	
1	326,7	31	35	17,4
2-3	313,5	31	47	12,4
	+10%	-2,00%	0,00%	
1	326,7	30,38	35	17,0
2-3	313,5	30,38	47	12,2
	+10%	+2%	0,00%	
1	326,7	31,62	35	17,7
2-3	313,5	31,62	47	12,7
	-10,00%	0,00%	-10,00%	
1	267,3	31	31,5	15,8
2-3	256,5	31	42,3	11,3
	-10,00%	-2,00%	-10,00%	
1	267,3	30,38	31,5	15,5
2-3	256,5	30,38	42,3	11,1
	-10,00%	+2%	-10,00%	
1	267,3	31,62	31,5	16,1

2-3	256,5	31,62	42,3	11,5
	0,00%	-2,00%	-10,00%	
1	297	30,38	31,5	17,2
2-3	285	30,38	42,3	12,3
	0,00%	+2%	-10,00%	
1	297	31,62	31,5	17,9
2-3	285	31,62	42,3	12,8
	0,00%	0,00%	-10,00%	
1	297	31	31,5	17,5
2-3	285	31	42,3	12,5
	+10%	0,00%	-10,00%	
1	326,7	31	31,5	19,3
2-3	313,5	31	42,3	13,8
	+10%	-2,00%	-10,00%	
1	326,7	30,38	31,5	18,9
2-3	313,5	30,38	42,3	13,5
	+10%	+2%	-10,00%	
1	326,7	31,62	31,5	19,7
2-3	313,5	31,62	42,3	14,1
	-10,00%	0,00%	+10%	
1	267,3	31	38,5	12,9
2-3	256,5	31	51,7	9,2
	-10,00%	-2,00%	+10%	
1	267,3	30,38	38,5	12,7
2-3	256,5	30,38	51,7	9,0
	-10,00%	+2%	+10%	
1	267,3	31,62	38,5	13,2
2-3	256,5	31,62	51,7	9,4
	0,00%	-2,00%	+10%	
1	297	30,38	38,5	14,1
2-3	285	30,38	51,7	10,0
	0,00%	+2%	+10%	
1	297	31,62	38,5	14,6
2-3	285	31,62	51,7	10,5
	0,00%	0,00%	+10%	
1	297	31	38,5	14,3
2-3	285	31	51,7	10,3
	+10%	0,00%	+10%	
1	326,7	31	38,5	15,8
2-3	313,5	31	51,7	11,3
	+10%	-2,00%	+10%	

1	326,7	30,38	38,5	15,5
2-3	313,5	30,38	51,7	11,1
	+10%	+2%	+10%	
1	326,7	31,62	38,5	16,1
2-3	313,5	31,62	51,7	11,5

Tablica VI. Zestawienie wyników WPQR 2

Table VI. A summary of results of the Welding Procedure Qualification Record 2

ENERGIA LINIOWA, KJ/CM	DOPUSZCZALNE ZMIANY, WARTOŚCI KJ/CM	OTRZYMANE WYNIKI, KJ/CM
15,8 +/-25%	11,9 - 19,8	12,7 - 19,7
11,3 +/-25%	8,5 - 14,2	9,0 - 14,1

Tablica VII. Parametry technologiczne WPQR 3

Table VII. Technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 3

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
1	520 +/-10%	28 +/-2%	53 +/-10%	16 +/-25%
2	520 +/-10%	28 +/-2%	54 +/-10%	16 +/-25%
3	520 +/-10%	28 +/-2%	53 +/-10%	16 +/-25%
4	520 +/-10%	28 +/-2%	54 +/-10%	16 +/-25%

Tablica VIII. Zakres parametrów technologicznych WPQR 3

Table VIII. A range of technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 3

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
	-10%	-2%	0%	
1	468	27,44	53	14,5
2	468	27,44	54	14,3
3	468	27,44	53	14,5
4	468	27,44	54	14,3
	-10%	+2%	0%	
1	468	28,56	53	15,1
2	468	28,56	54	14,9
3	468	28,56	53	15,1
4	468	28,56	54	14,9
	0%	-2%	0%	
1	520	27,44	53	16,2
2	520	27,44	54	15,9
3	520	27,44	53	16,2
4	520	27,44	54	15,9
	0%	+2%	0%	
1	520	28,56	53	16,8
2	520	28,56	54	16,5
3	520	28,56	53	16,8
4	520	28,56	54	16,5

	+10%	0%	0%	
1	572	28	53	18,1
2	572	28	54	17,8
3	572	28	53	18,1
4	572	28	54	17,8
	+10%	-2%	0%	
1	572	28,56	53	18,5
2	572	28,56	54	18,2
3	572	28,56	53	18,5
4	572	28,56	54	18,2
	-10%	0%	-10%	
1	468	28	47,7	16,5
2	468	28	48,6	16,2
3	468	28	47,7	16,5
4	468	28	48,6	16,2
	-10%	-2%	-10%	
1	468	27,44	47,7	16,2
2	468	27,44	48,6	15,9
3	468	27,44	47,7	16,2
4	468	27,44	48,6	15,9
	-10%	+2%	-10%	
1	468	28,56	47,7	16,8
2	468	28,56	48,6	16,5
3	468	28,56	47,7	16,8
4	468	28,56	48,6	16,5
	0%	-2%	-10%	
1	520	27,44	47,7	17,9
2	520	27,44	48,6	17,6
3	520	27,44	47,7	17,9
4	520	27,44	48,6	17,6
	0%	+2%	-10%	
1	520	28,56	47,7	18,7
2	520	28,56	48,6	18,3
3	520	28,56	47,7	18,7
4	520	28,56	48,6	18,3
	0%	0%	-10%	
1	520	28	47,7	18,3
2	520	28	48,6	18,0
3	520	28	47,7	18,3
4	520	28	48,6	18,0
	+10%	0%	-10%	
1	572	28	47,7	20,1
2	572	28	48,6	19,8
3	572	28	47,7	20,1
4	572	28	48,6	19,8
	+10%	-2%	-10%	

1	572	27,44	47,7	19,7
2	572	27,44	48,6	19,4
3	572	27,44	47,7	19,7
4	572	27,44	48,6	19,4
	+10%	+2%	-10%	
1	572	28,56	47,7	20,5
2	572	28,56	48,6	20,2
3	572	28,56	47,7	20,5
4	572	28,56	48,6	20,2
	-10%	0%	+10%	
1	468	28	58,3	13,5
2	468	28	59,4	13,2
3	468	28	58,3	13,5
4	468	28	59,4	13,2
	-10%	-2%	+10%	
1	468	27,44	58,3	13,2
2	468	27,44	59,4	13,0
3	468	27,44	58,3	13,2
4	468	27,44	59,4	13,0
	-10%	+2%	+10%	
1	468	28,56	58,3	13,8
2	468	28,56	59,4	13,5
3	468	28,56	58,3	13,8
4	468	28,56	59,4	13,5
	0%	-2%	+10%	
1	520	27,44	58,3	14,7
2	520	27,44	59,4	14,4
3	520	27,44	58,3	14,7
4	520	27,44	59,4	14,4
	0%	+2%	+10%	
1	520	28,56	58,3	15,3
2	520	28,56	59,4	15,0
3	520	28,56	58,3	15,3
4	520	28,56	59,4	15,0
	0%	0%	+10%	
1	520	28	58,3	15,0
2	520	28	58,3	14,7
3	520	28	58,3	15,0
4	520	28	58,3	14,7
	+10%	0%	+10%	
1	572	28	58,3	16,5
2	572	28	59,4	16,2
3	572	28	58,3	16,5
4	572	28	59,4	16,2
	+10%	-2%	+10%	
1	572	27,44	58,3	16,2

2	572	27,44	59,4	15,9
3	572	27,44	58,3	16,2
4	572	27,44	59,4	15,9
	+10%	+2%	+10%	
1	572	28,56	58,3	16,8
2	572	28,56	59,4	16,5
3	572	28,56	58,3	16,8
4	572	28,56	59,4	16,5

Tablica IX. Zestawienie wyników WPQR 3

Table IX. A summary of results of the Welding Procedure Qualification Record 3

ENERGIA LINIOWA, KJ/CM	DOPUSZCZALNE ZMIANY, WARTOŚCI KJ/CM	OTRZYMANE WYNIKI, KJ/CM
16 +/-25%	12 - 20	13,2 - 20,5
16 +/-25%	12 - 20	13,0 - 20,2
16 +/-25%	12 - 20	13,2 - 20,5
16 +/-25%	12 - 20	13,0 - 20,1

Tablica X. Parametry technologiczne WPQR 1

Table X. Technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 1

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
1	125 +/-10%	19 +/-2%	12 +/-10%	12 +/-25%
2	268 +/-10%	31 +/-2%	47 +/-10%	11 +/-25%
3	282 +/-10%	31 +/-2%	27 +/-10%	19 +/-25%
4-16	292 +/-10%	31 +/-2%	42 +/-10%	13 +/-25%
17-21	293 +/-10%	31 +/-2%	47 +/-10%	12 +/-25%

Tablica XI. Parametry technologiczne dla WPQR 1 zmierzone w warunkach produkcyjnych

Table XI. Technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 1 measured in the production conditions

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
1	131,25	18,5	12	12,14
2	256	32,3	47	10,6
3	300	32,3	27	21,5
4-16	300	32,3	42	13,8
17-21	300	32,3	47	12,4

Jak widać z zestawień wyników przy przyjętych tolerancjach parametrów technologicznych wartości energii liniowej nie przekroczyły wartości +/-25%.

Wartości praktyczne parametrów technologicznych wynikające z pomiarów podczas wykonywania spoin w warunkach produkcyjnych.

Podczas wykonywania spoin w warunkach produkcyjnych zdarza się, że złącza spawane muszą być wykonywane

w miejscach trudno dostępnych, w niewygodnych dla spawacza pozycjach itp. W takich warunkach spawacze czasami ustawiają parametry spawania indywidualnie do sytuacji, w której muszą wykonać spoinę.

Poniżej przedstawiono wyniki pomiarów wartości prądu spawania i napięcia w warunkach produkcyjnych oraz zmiany energii liniowej.

Tablica XII. Zestawienie wyników WPQR 3**Table XII.** A summary of results of the Welding Procedure Qualification Record 3

ENERGIA LINIOWA, KJ/CM	DOPUSZCZALNE ZMIANY, WARTOŚCI KJ/CM	OTRZYMANE WYNIKI, KJ/CM
16 +/-25%	12 - 20	13,2 - 20,5
16 +/-25%	12 - 20	13,0 - 20,2
16 +/-25%	12 - 20	13,2 - 20,5
16 +/-25%	12 - 20	13,0 - 20,1

Tablica XIII. Parametry technologiczne WPQR 2**Table XIII.** Technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 2

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
1	297 +/-10%	31 +/-2%	35 +/-10%	16 +/-25%
2-3	285 +/-10%	31 +/-2%	47 +/-10%	11 +/-25%

Tablica XIV. Parametry technologiczne WPQR 2**Table XIV.** Technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 2

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
1	287	33	35	16,2
2-3	272	33	47	11,5

Tablica XV. Zestawienie wyników WPQR 3**Table XV.** A summary of results of the Welding Procedure Qualification Record 3

ENERGIA LINIOWA, KJ/CM	DOPUSZCZALNE ZMIANY, WARTOŚCI KJ/CM	OTRZYMANE WYNIKI, KJ/CM
16 +/-25%	11,9 - 19,8	16,2
11 +/-25%	8,5 - 14,2	11,5

Tablica XVI. Parametry technologiczne WPQR 3**Table XVI.** Technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 3

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
1	520 +/-10%	28 +/-2%	53 +/-10%	16
2	520 +/-10%	28 +/-2%	54 +/-10%	16
3	520 +/-10%	28 +/-2%	53 +/-10%	16
4	520 +/-10%	28 +/-2%	54 +/-10%	16

Tablica XVII. Parametry technologiczne dla WPQR 3 zmierzone w warunkach produkcyjnych**Table XVII.** Technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 3 measured in the production conditions

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
1	400	26	58	10,8
2	450	25	58	11,6
3	420	28	58	12,2
4	470	26	58	12,6

Tablica XVIII. Zestawienie wyników
Table XVIII. A summary of results

ENERGIA LINIOWA, KJ/CM	DOPUSZCZALNE ZMIANY, WARTOŚCI KJ/CM	OTRZYMANE WYNIKI, KJ/CM
16 +/-25%	12 - 20	10,8
16 +/-25%	12 - 20	11,6
16 +/-25%	12 - 20	12,2
16 +/-25%	12 - 20	12,6

Z przedstawionych pomiarów wynika, że w większości przypadków przy stosowanych parametrach technologicznych przez spawaczy podczas wykonywania spoin w warunkach produkcyjnych energia liniowa mieści się w zakresie +/-25%.

Jednak w przypadku spawania spoin pachwinowych metodą 121 zastosowane parametry spowodowały, że otrzymana energia liniowa była mniejsza o ok. 33%. Podane parametry były stosowane podczas spawania dwuteownika, gdzie grubość środnika wynosiła 8 mm a pasów 12 mm. Środnik i pasy były łączone spoiną pachwinową a4 wg WPQR 3. Zakres kwalifikacji wynikający z WPQR 3 dla spoin pachwinowych jednościegowych wynosi 3,75 – 7,5.

Zastosowane parametry były konieczne, aby uzyskać spoinę pachwinową a4, choć wartość energii liniowej jest mniejsza od zakresu, który wynika z PN-EN ISO 15614.

Wartości parametrów technologicznych wyznaczone na podstawie tolerancji wskazań wartości elektrycznych

stosowane dla urządzeń do spawania elektrycznego.

Każde urządzenie elektryczne powinno przechodzić okresowe badania techniczne, które dopuszczają je do dalszej eksploatacji. Ta sama zasada dotyczy urządzeń do spawania elektrycznego, o których mówi PN-EN 60974-1.

Urządzenia do spawania elektrycznego posiadają wbudowane mierniki wartości elektrycznych takie jak amperomierz i woltomierz. Ich dokładność wskazań prądu i napięcia powinna wynosić:

- między 100% a 25% nastawienia maksymalnego +/-10% wartości rzeczywistej,
- poniżej 25% nastawienia maksymalnego +/-2,5% wartości rzeczywistej [6].

Poniżej przedstawiono wyniki obliczeń przy założeniu, że dokładność wskazań amperomierza i woltomierza wynosi +/-10%, czyli wartości maksymalnych odchyłek wskazań.

Tablica XIX. Parametry technologiczne WPQR 1

Table XIX. Technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 1

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, E, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
1	125 +/-10%	19 +/-2%	12 +/-10%	12 +/-25%
2	268 +/-10%	31 +/-2%	47 +/-10%	11 +/-25%
3	282 +/-10%	31 +/-2%	27 +/-10%	19 +/-25%
4-16	292 +/-10%	31 +/-2%	42 +/-10%	13 +/-25%
17-21	293 +/-10%	31 +/-2%	47 +/-10%	12 +/-25%

Tablica XX. Parametry technologiczne dla WPQR 1 zmienione o wartość maksymalnego błędu wskazań dla urządzeń stosowanych do spawania elektrycznego

Table XX. Technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 1 changed by the maximum error of indication for the devices used in the electrical welding

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
	-10%	0%		
1	112,5	19	12	10,7
2	241,2	31	47	9,5
3	253,8	31	27	17,5
4-16	262,8	31	42	11,6
17-21	263,7	31	47	10,4
	-10%	-10%		
1	112,5	17,1	12	9,6
2	241,2	27,9	47	8,6

3	253,8	27,9	27	15,7
4-16	262,8	27,9	42	10,5
17-21	263,7	27,9	47	9,4
	-10%	+10%		
1	112,5	20,9	12	11,8
2	241,2	34,1	47	10,5
3	253,8	34,1	27	19,2
4-16	262,8	34,1	42	12,8
17-21	263,7	34,1	47	11,5
	0%	-10%		
1	125	17,1	12	10,7
2	268	27,9	47	9,5
3	282	27,9	27	17,5
4-16	292	27,9	42	11,6
17-21	293	27,9	47	10,4
	0%	+10%		
1	125	20,9	12	13,1
2	268	34,1	47	11,7
3	282	34,1	27	21,4
4-16	292	34,1	42	14,2
17-21	293	34,1	47	12,8
	+10%	0%		
1	137,5	19	12	13,1
2	294,8	31	47	11,7
3	310,2	31	27	21,4
4-16	321,2	31	42	14,2
17-21	322,3	31	47	12,8
	+10%	-10%		
1	137,5	17,1	12	11,8
2	294,8	27,9	47	10,5
3	310,2	27,9	27	19,2
4-16	321,2	27,9	42	12,8
17-21	322,3	27,9	47	11,5
	+10%	-10%		
1	137,5	20,9	12	14,4
2	294,8	34,1	47	12,8
3	310,2	34,1	27	23,5
4-16	321,2	34,1	42	15,6
17-21	322,3	34,1	47	14,0

Tablica XXI. Zestawienie wyników
Table XXI. A summary of results

ENERGIA LINIOWA, KJ/CM	DOPUSZCZALNE ZMIANY, WARTOŚCI KJ/CM	OTRZYMANE WYNIKI, KJ/CM
12 +/-25%	9,0 - 15,0	9,6 - 14,4
11 +/-25%	8,3 - 13,8	8,6 - 12,8

19 +/-25%	14,3 - 23,8	15,7 - 23,5
13 +/-25%	9,8 - 16,3	10,5 - 15,6
12 +/-25%	9,0 - 15,0	9,4 - 14

Tablica XXII. Parametry technologiczne WPQR 2

Table XXII. Technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 2

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, E, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
1	297 +/-10%	31 +/-2%	35 +/-10%	15,8 +/-25%
2	285 +/-10%	31 +/-2%	47 +/-10%	11,3 +/-25%

Tablica XXIII. Parametry technologiczne dla WPQR 2 zmienione o wartość maksymalnego błędu wskazań dla urządzeń stosowanych do spawania elektrycznego

Table XXII. Technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 2 changed by the maximum error of indication for the devices used in the electrical welding

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
	-10,00%	0,00%		
1	267,3	31	35	14,2
2-3	256,5	31	47	10,2
	-10,00%	-10,00%		
1	267,3	27,9	35	12,8
2-3	256,5	27,9	47	9,1
	-10,00%	+10%		
1	267,3	34,1	35	15,6
2-3	256,5	34,1	47	11,2
	0,00%	-10,00%		
1	297	27,9	35	14,2
2-3	285	27,9	47	10,2
	0,00%	+10%		
1	297	34,1	35	17,4
2-3	285	34,1	47	12,4
	+10%	-10,00%		
1	326,7	27,9	35	15,6
2-3	313,5	27,9	47	11,2
	+10%	+10%		
1	326,7	34,1	35	19,1
2-3	313,5	34,1	47	13,6

Tablica XXIV. Zestawienie wyników WPQR 2

Table XXIV. A summary of results for Welding Procedure Qualification Record 2

ENERGIA LINIOWA, KJ/CM	DOPUSZCZALNE ZMIANY, WARTOŚCI KJ/CM	OTRZYMANE WYNIKI, KJ/CM
15,8 +/-25%	11,9 - 19,8	12,8 - 19,1
11,3 +/-25%	8,5 - 14,1	9,1 - 13,6

Tablica XXV. Parametry technologiczne WPQR 3

Table XXV. Technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 3

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
1	520 +/-10%	28 +/-2%	53 +/-10%	16
2	520 +/-10%	28 +/-2%	54 +/-10%	16
3	520 +/-10%	28 +/-2%	53 +/-10%	16
4	520 +/-10%	28 +/-2%	54 +/-10%	16

Tablica XXVI. Parametry technologiczne dla WPQR 3 zmienione o wartość maksymalnego błędu wskazań dla urządzeń stosowanych do spawania elektrycznego

Table XXVI. Technological parameters of the Welding Procedure Qualification Record 3 changed by the maximum error of indication for the devices used in the electrical welding

NR ŚCIEGU	NATĘŻENIE, A	NAPIĘCIE, V	PRĘDKOŚĆ, CM/MIN	ENERGIA LINIOWA, KJ/CM
	-10%	0%		
1	468	28	53	14,8
2	468	28	54	14,6
3	468	28	53	14,8
4	468	28	54	14,6
	+10%	0%		
1	572	28	53	18,1
2	572	28	54	17,8
3	572	28	53	18,1
4	572	28	54	17,8
	0%	-10%		
1	520	25,2	53	14,8
2	520	25,2	54	14,6
3	520	25,2	53	14,8
4	520	25,2	54	14,6
	0%	+10%		
1	520	30,8	53	18,1
2	520	30,8	54	17,8
3	520	30,8	53	18,1
4	520	30,8	54	17,8
	-10%	-10%		
1	468	25,2	53	13,3
2	468	25,2	54	13,1
3	468	25,2	53	13,3
4	468	25,2	54	13,1
	+10%	+10%		
1	572	30,8	53	19,9
2	572	30,8	54	19,6
3	572	30,8	53	19,9
4	572	30,8	54	19,6

ENERGIA LINIOWA, KJ/CM	DOPUSZCZALNE ZMIANY, WARTOŚCI KJ/CM	OTRZYMANE WYNIKI, KJ/CM
16	12 - 20	13,3 - 19,9
16	12 - 20	13,1 - 19,6
16	12 - 20	13,3 - 19,9
16	12 - 20	13,1 - 19,6

Z przedstawionych obliczeń wynika, że maksymalne dopuszczalne odchyłki wskazań amperomierza i woltomierza nie powodują przekroczenia wartości +/-25% energii liniowej.

Podsumowanie

Parametry technologiczne umieszczane w Instrukcjach Technologicznych Spawania mają duży wpływ na własności wykonywanych złączy spawanych. Zbyt niskie parametry mogą powodować braki przetopu, czy przyklejenia. Natomiast zbyt wysokie parametry mogą powodować podtopienia, wycieki w grani, przepalenia. Natężenie prądu oraz napięcie wpływa bezpośrednio na wartość energii liniowej, która jest związana z ilością wprowadzonego do złącza ciepła. Ilość wprowadzonego ciepła oddziałuje na własności mechaniczne złącza spawanego. Przy zbyt wysokich wartościach może powodować rozrost ziarna, co obniża udarność, a przy zbyt niskich wartościach może być przyczyną wzrostu twardości poprzez lokalne podhartowania.

W Protokołach Kwalifikowania Technologii Spawania (WPQR) są podane wartości parametrów technologicznych spawania, przy których było wykonywane złącze próbne. Jednak WPQR dopuszcza pewien zakres grubości spoin, materiałów spawanych, pozycji spawania itp. Dodatkowo w warunkach produkcyjnych zdarza się, że parametry spawania powinny być dostosowane do indywidualnych sytuacji, które mogą wystąpić podczas wykonywania spoin. Oprócz tego każde urządzenie ma pewien zakres błędów wskazań parametrów, które zostają ustawione przez spawacza lub operatora na urządzeniu. To powoduje, że w WPS-ach powinno się wprowadzać pewien zakres parametrów technologicznych.

Literatura

- [1] Norma: PN-EN ISO 9001 Systemy zarządzania jakością – Wymagania
- [2] Norma: PN-EN ISO 3834 – 2 Wymagania jakości dotyczące spawania materiałów metalowych – Część 2: Pełne wymagania jakości.
- [3] Praca zbiorowa: Poradnik inżyniera. Spawalnictwo. Tom I, WNT, Warszawa 2003.
- [4] Brózda J.: Stale konstrukcyjne i ich spawalność. Wydanie drugie, Instytut Spawalnictwa, Gliwice 2009.
- [5] Norma: PN-EN ISO 15614 Specyfikacja i kwalifikowanie technologii spawania metali. Badanie technologii spawania. Część 1: Spawanie łukowe i gazowe stali oraz spawanie łukowe niklu i stopów niklu.
- [6] Norma: PN-EN 60974-1 Sprzęt do spawania łukowego – Część 1: Spawalnicze źródła energii.
- [7] Pakos R.: Technologiczna próba spawalności według ABV-SEP 1390, Przegląd Spawalnictwa 2013, nr 4, str. 14-17.
- [8] Bęczkowski R., Gucwa M.: Wpływ nastawy prądu na zmiany wielkości geometrycznych przekrojów napoin, Przegląd Spawalnictwa 2014, nr 9, str. 72-77.