

---

# WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

NUMER 2

INSTYTUT AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH  
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

---

Rafał RZAŚIŃSKI\*

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów  
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska, Gliwice  
\* rafal.rzasinski@polsl.pl

## WERYFIKACJA I SYMULACJA PROCESU ZGRZEWANIA DLA TYPOSZEREGU RUR PE

**Streszczenie:** W związku z rozwojem nowych generacji polietylenów (PE), oraz z produkcją rur o coraz większych gabarytach (średnica, grubości ścianek) duże znaczenie ma prawidłowy dobór parametrów procesu. Praca przedstawia algorytm weryfikacji procesu zgrzewania opracowany dla typoszeregu rur PE. Zaprezentowany algorytm pozwala weryfikować przebieg procesu i stanowi bazę informacji dotyczących poprawności wykonania połączenia. Aplikacja sugeruje poprawne czynności obsługowe w celu uzyskania prawidłowego zgrzewu. Proces przedstawiony jest w sposób blokowy. Wykonano również symulację tego procesu z zastosowaniem zgrzewarki do rur o średnicach od  $\varnothing 110$  do  $\varnothing 225$ .

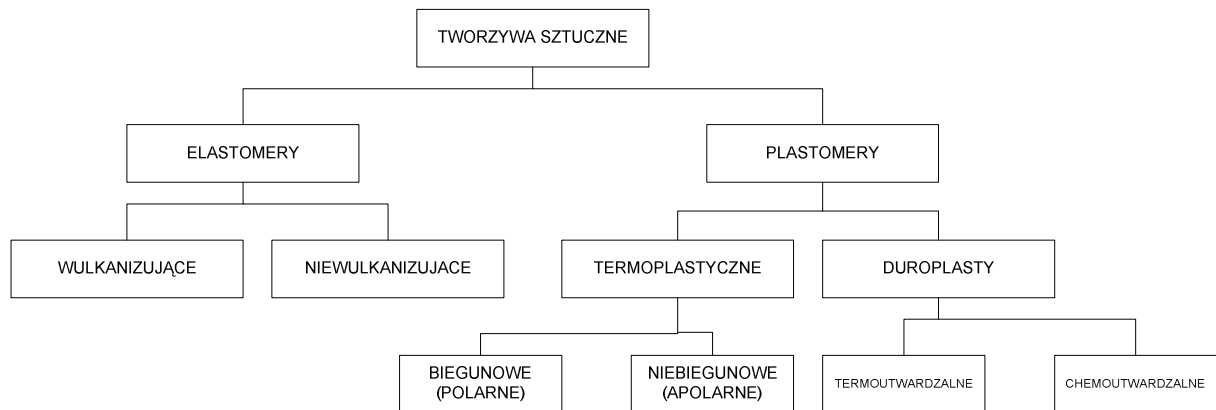
### 1. Wstęp

W pracy dokonano analizy procesu zgrzewania doczołowego rur PE pod względem poprawnego doboru parametrów złącza. W pierwszym etapie pracy przedstawiona zostanie analiza procesu zgrzewania. Na podstawie ogólnego schematu procesu zgrzewania w kolejnej części pracy przedstawiono schemat aplikacji doboru parametrów zgrzewania. Proces ten będzie dotyczył typowych czynności obsługowych podczas wykonywania zgrzewu [ 1,4]. Proces zgrzewania doczołowego i cała procedura przygotowawcza określana jest wymogami stawianymi przez niemiecką normę DVS 2207. W rzeczywistości wiele firm prowadzi własne badania, mające na celu usprawnienie procesu i dostosowanie parametrów do własnych produktów.

### 2. Charakterystyka procesu zgrzewania

Proces doboru parametrów zgrzewania realizowany jest dla tworzyw PE [4]. Tworzywa polimerowe, zwane potocznie tworzywami sztucznymi lub polimerami, są materiałami syntetycznymi wytwarzanymi z produktów naftowych w procesie polireakcji związków o małej masie cząsteczkowej, zwanymi monomerami [ 2,3].

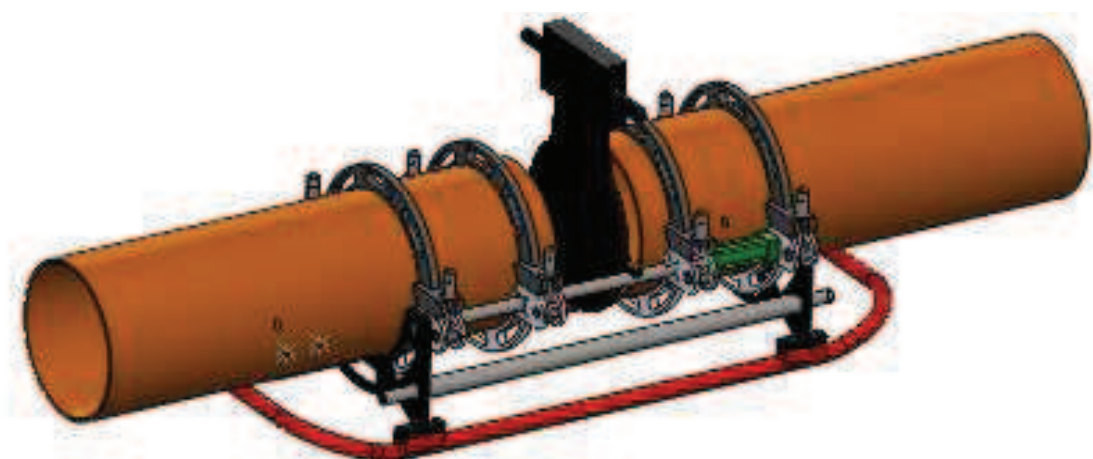
Podstawowe tworzywa wielocząsteczkowe ze względu właściwości reologiczne (pierwsze kryterium) dzielą się na dwie grupy: elastomery i plastomery, a te z kolei na tworzywa termoplastyczne (termoplasty) i duroplasty (kryterium drugie), (rys. 1).



*Rys. 1. Podział tworzyw sztucznych[3]  
Fig.1. Division of Plastic[3]*

Zgrzewać można jedynie termoplasty, które mięknią w podwyższonej temperaturze, a tym samym dają się łączyć przez docisk. W zależności od źródła i sposobu doprowadzania ciepła rozróżnia się następujące sposoby zgrzewania: zgrzewanie stykowe, zgrzewanie promiennikowe, zgrzewanie ciernie, zgrzewanie dielektryczne, zgrzewanie ultradźwiękowe. Podstawą analizy będzie zgrzewanie stykowe [4,5]. Proces zgrzewania zewnętrznym elementem grzejnym przebiega w etapach: nagrzanie obszaru styku zgrzewanych przedmiotów do określonej temperatury zgrzewania (ETAP I oraz II), wysunięcie elementu grzejnego z obszaru zgrzewania (ETAP III), dociśnięcie do siebie i spęczenie obszaru zgrzewania łączonych przedmiotów oraz schłodzenie łącza (ETAP IV oraz V).

Maszyną używaną do wykonywania połączeń zgrzewanych za pomocą płyty grzewczej, jest zgrzewarka doczołowa lub automat zgrzewalniczy. Przykład zgrzewarki przedstawia rys. 2. Model został wykonany w programie Solid Edge na podstawie danych istniejącego urządzenia, [5].



*Rys. 2. Model zgrzewarki  
Fig.2. Model of welding machines*

### 3. Schemat aplikacji

Algorytm utworzono na podstawie instrukcji zgrzewania za pomocą płyty grzewczej zawartej w typowej karcie egzaminacyjnej. Algorytm przedstawiono w sposób blokowy. Poniżej opisano i objaśniono jego poszczególne bloki.

#### BLOK I

Obejmuje czynności związane z przygotowaniem zarówno elementów zgrzewanych jak i samych elementów zgrzewarki do procesu zgrzewania.

#### BLOK II

Obejmuje cały proces zgrzewania. Uwzględnia pobieranie parametrów wymuszonych elementami zgrzewanymi, rejestr parametrów uzyskanych podczas zgrzewania, kontrolę poszczególnych etapów oraz generowanie komunikatów o błędach podczas przebiegu procesu.

#### BLOK III

Jest to etap, w którym podejmowana jest decyzja o poprawności zgrzewa

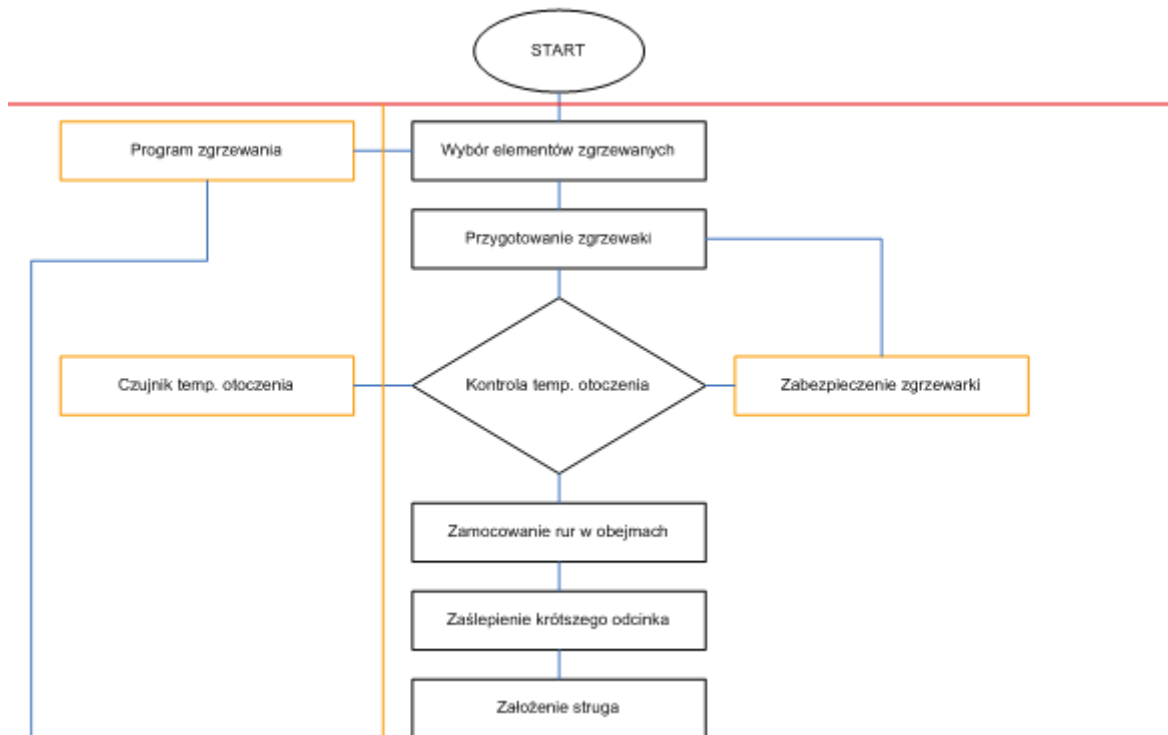
#### BLOK NASTAW I KONTROLI (BNK)

Obejmuje on zegary nastawiające czas trwania poszczególnych etapów,

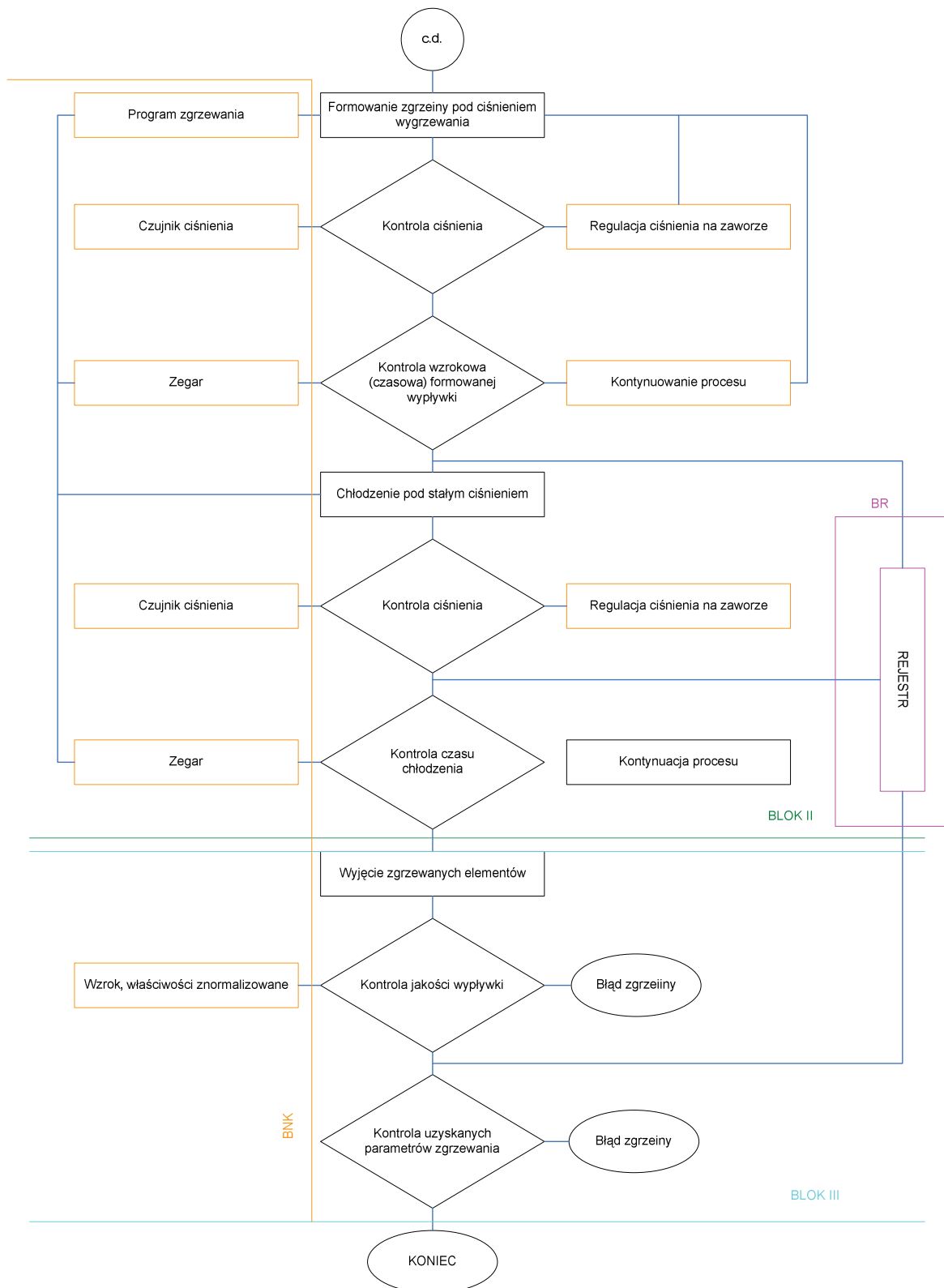
#### BLOK REJESTRU (BR)

Obejmujący rejestr parametrów uzyskanych podczas procesu oraz błędów krytycznych.

Ze względu na obszerność przedstawiono jedynie fragment boku I, (rys. 3).



Rys. 3. Schemat blokowy początku aplikacji  
Fig.3. Block diagram of the beginning of the application

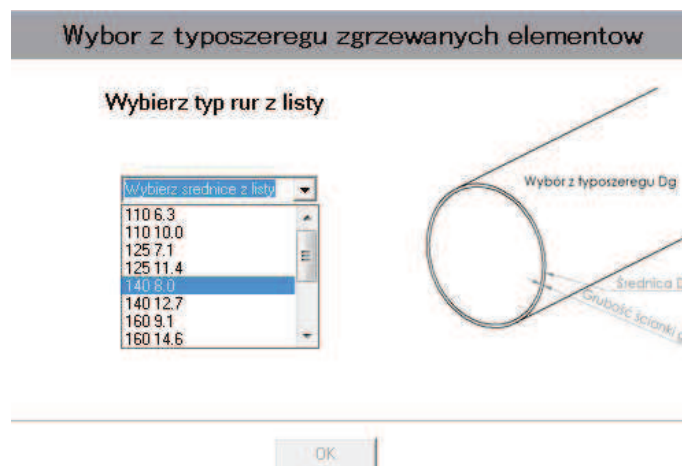


Rys. 4. Końcowe etapy zgrzewania wraz z kontrolą zgrzeiny  
 Fig. 4. The final stages of welding and weld control

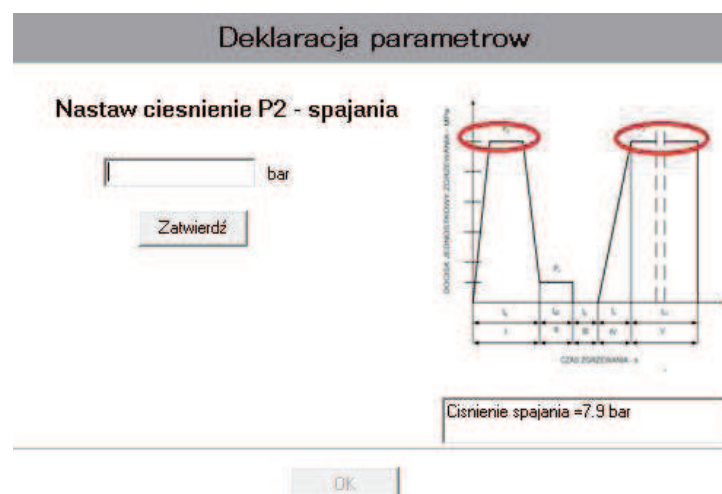
#### 4. Symulacja procesu zgrzewania

Symulacja programowa procesu zgrzewania została przeprowadzana wyłącznie wirtualnie na komputerze. Program oparty jest na komendach i poleceniach połączonych ze sobą w sposób szeregowy. Czynności na zgrzewarce są wykonywane jedna po drugiej, bez możliwości powrotu do poprzedniej. Takie postępowanie skutkowałoby wykonaniem złego połączenia. Mimo to istnieją w programie pewne odstępstwa od tej reguły wynikające z charakteru niektórych czynności powtarzalnych, np. przygotowanie elementów przed zgrzewaniem bądź nadzorowanie stanu ciśnienia (regulacja parametrów).

Program składa się z 24 instrukcji powiązanych i zależnych między sobą w sposób szeregowy tzn. że tylko poprawne wykonanie całej instrukcji umożliwi przejście do następnej. W przypadku niespełnienia danych warunków program generuje komunikat błędu bądź procedury, którą należy wykonać w celu zlikwidowania błędu. Przykładowe okna dialogowe przedstawia rys. 5, 6, 7.



Rys. 5. Wybór rodzaju zgrzewanych elementów z typoszeregu  
Fig. 5. Selection of the type welded elements from the series of types



Rys. 6. Okno nastawy ciśnienia dla procesu  
Fig.6. The dialog box set pressure for the process

I i II Etap zgrzewania		Zastawienie parametrów																																					
<p><b>Etap I zgrzewania</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Narodzi ciśnieniem do wartości PZ</p> <p><b>Etap II zgrzewania</b></p> <p>Wysokość wstępnego uformowania wypłytki</p> <p><input checked="" type="radio"/> TAK <input type="radio"/> NIE</p> <p>Wymagana wysokość = 0.5 mm</p>		<table border="1"> <tr><td>Średnica D=</td><td>125</td><td>[mm]</td></tr> <tr><td>Grubość ścianki=</td><td>7.1</td><td>[mm]</td></tr> <tr><td>Cisnienie nagrzewania max.=</td><td>4.3</td><td>[bar]</td></tr> <tr><td>Czas nagrzewania=</td><td>120</td><td>[s]</td></tr> <tr><td>Czas przestawienia=</td><td>6</td><td>[s]</td></tr> <tr><td>Czas spajania pod ciśnieniem=</td><td>7</td><td>[bar]</td></tr> <tr><td>Czas chłodzenia pod ciśnieniem=</td><td>10</td><td>[bar]</td></tr> <tr><td>Cisnienie max.=</td><td>7.9</td><td>[bar]</td></tr> <tr><td>Temperatura płyty=</td><td>220</td><td>[C]</td></tr> </table> <p>Parametry zadane</p> <table border="1"> <tr><td>Średnica D=</td><td>125</td><td>[mm]</td></tr> <tr><td>Grubość ścianki=</td><td>7.1</td><td>[mm]</td></tr> <tr><td>Cisnienie nagrzewania=</td><td>4.0</td><td>[bar]</td></tr> </table>		Średnica D=	125	[mm]	Grubość ścianki=	7.1	[mm]	Cisnienie nagrzewania max.=	4.3	[bar]	Czas nagrzewania=	120	[s]	Czas przestawienia=	6	[s]	Czas spajania pod ciśnieniem=	7	[bar]	Czas chłodzenia pod ciśnieniem=	10	[bar]	Cisnienie max.=	7.9	[bar]	Temperatura płyty=	220	[C]	Średnica D=	125	[mm]	Grubość ścianki=	7.1	[mm]	Cisnienie nagrzewania=	4.0	[bar]
Średnica D=	125	[mm]																																					
Grubość ścianki=	7.1	[mm]																																					
Cisnienie nagrzewania max.=	4.3	[bar]																																					
Czas nagrzewania=	120	[s]																																					
Czas przestawienia=	6	[s]																																					
Czas spajania pod ciśnieniem=	7	[bar]																																					
Czas chłodzenia pod ciśnieniem=	10	[bar]																																					
Cisnienie max.=	7.9	[bar]																																					
Temperatura płyty=	220	[C]																																					
Średnica D=	125	[mm]																																					
Grubość ścianki=	7.1	[mm]																																					
Cisnienie nagrzewania=	4.0	[bar]																																					

Rys. 7. Panel zestawienia wyników zgrzewania  
Fig. 7. Panel welding compilation of results

## 5. Podsumowanie

Program przeznaczony jest doboru parametrów zgrzewu, dla zgrzewarek z płytą grzewczą. Wykonany jest w formie aplikacji do celów szkoleniowych, gdyż w sposób prosty i intuicyjny przeprowadza operatora przez cały proces zgrzewania. Dostarcza wszystkich informacji na temat czynności obsługowych dla operatora. Brak odniesienia do czujników zewnętrznych oraz połączenia z układem sterującym powodują, że parametry osiągnięte będą zawsze zbliżone do idealnych.

## Literatura

1. Bąkowski K.: Sieci i instalacje gazowe. Warszawa: WNT, 2007.
2. Hyla I.: Tworzywa sztuczne własności, przetwórstwo, zastosowanie. Warszawa: WNT, 2004.
3. Klimpel A.: Technologie zgrzewania metali i tworzyw termoplastycznych. Gliwice: Wyd. Pol. Sl., 1999.
4. Urbaniak Z.: Zgrzewanie tworzyw sztucznych zgrzewarki i generatory. Warszawa: WNT, 1997.
5. Warzecha M.: Modelowanie i symulacja pracy zgrzewarki do rur PE, Praca dyplomowa, Gliwice, 2009.

## VERIFICATION AND SIMULATION OF WELDING PROCESS FOR A TYPE SERIES OF PE PIPES

**Summary:** The correct selection of welding process is important as a consequence of development of new generation polyethylene and the production of pipes with increasing dimensions (diameter, wall thickness). The paper presents algorithm of choosing the welding process and the type series of PE pipes. The presented algorithm allows verifying the process and provides a database of information about the correctness of the connection. The application suggests proper maintenance operations in order to obtain correct seal. The process is shown in a block. Moreover, simulations of this process using the welding machines of pipes in diameters from  $\varnothing 110$  to  $\varnothing 225$  were performed.