

**Wykorzystanie technologii zgrzewania
gorącym powietrzem do produkcji
jednostek pływających**

SPIS TREŚCI:

1. Cel i opis projektu
2. Techniki zgrzewania tworzyw sztucznych
3. Zasada zgrzewania tkanin PVC
4. Rodzaje zgrzewarek
5. Opis procesu produkcji pontonu
 - 5.1 Tworzenie projektu rozkroju
 - 5.2 Przygotowanie rozkroju do wycinania
 - 5.3 Wycinanie rozkroju
 - 5.4 Zgrzewanie segmentów
 - 5.5 Zgrzewanie wzdłużne burty
 - 5.6 Zgrzewanie podłogi do burty
 - 5.7 Wykonanie prototypu
6. Ocena jakości prototypu
7. Specyfikacja maszyn produkcyjnych
8. Plan rozmieszczenia maszyn
9. Wymagania instalacyjne
 - instalacja elektryczna
 - instalacja sprężonego powietrza
 - instalacja ogrzewania
 - instalacja chłodzenia
 - instalacja wentylacyjna
10. Wpływ inwestycji na środowisko
11. Bezpieczeństwo i higiena pracy
12. Zestawienie próbek materiałów zgrzewanych
13. Bibliografia

1.CEL I OPIS PROJEKTU

Celem niniejszego opracowania jest przeprowadzenie analizy technicznej projektu pt. „Wykorzystanie technologii zgrzewania gorącym powietrzem do produkcji jednostek pływających” realizowanego przez firmę ANMUR . Powyższy projekt jest realizowany ze środków Funduszy Europejskich.

Firma **ANMUR** (zwana dalej inwestorem lub beneficjentem) istnieje od 2009 roku. Firma specjalizuje się w dystrybucji wysokiej jakości pontonów: NAWIPOLAND oraz KOLIBRI, które wykonane zostały ze zbrojonego materiału PVC, a także gumowe -CZAJKA.

Obecny zakres działalności firmy obejmuje sprzedaż, doradztwo i kompletowanie pełnego wyposażenia dla klientów branży sportów wodnych.

Misją firmy ANMUR jest dostarczenie klientowi kompletnego rozwiązania technicznego i organizacyjnego co powoduje, że firma w sposób ciągły i dynamiczny rozwija się. Od 2009r. firma ANMUR znacznie rozbudowała swój portfel produktowy branży sportów wodnych rozpoczynając od małych pontonów dla wędkarzy. W kolejnych latach firma wprowadzała do oferty coraz nowsze i bardziej rozbudowane pojazdy wodny m.in. pontony wieloosobowe, kajaki, rowerki wodne, katamarany i pontony wysoko-wyspecjalizowane. Nowe jednostki pływające wymagały również bardziej wymagających wyposażzeń co skutkowało rozwojem firmy w kierunku doradztwa i projektowania całych zestawów pływających. W 2014r. Firma uruchomiła nowy dział zajmujący się testowaniem projektowaniem i integrowaniem profesjonalnych pojazdów pływających. Obecnie firma posiada bardzo duże możliwości integrowania gotowych zestawów jednostek pływających z różnymi jednostkami napędowymi. Pontony firmy Anmur wyposażone są m.in. w bezpieczne napędy elektryczne oparte na akumulatorach żelowych i niezawodne napędy spalinowe.

W ostatnich latach firma Anmur podjęła szereg działań zmierzających do rozpoczęcia własnej produkcji jednostek pływających. Firma stała się beneficjentem programu EFRR którego realizacja ma na celu stworzenie linii technologicznej do produkcji nowych jednostek pływających. Linia produkcyjna ma zapewnić Inwestorowi możliwość produkowania pneumatycznych jednostek pływających produkowanych z komponentów PVC, poliestrów, drewna i gumy. Produkty docelowe klienta muszą charakteryzować się nie tylko trwałością ale przede wszystkim efektywnym designem, dobrymi parametrami aerodynamicznym a także łatwym i szybkim montażem. To wszystko sprawia, że kształty takich pojazdów pływających są skomplikowane i trudne do wykonania. Poniżej przedstawiono kilka różnych jednostek pływających o bardzo zróżnicowanych kształtach i technologii produkcji (1):



Ponton jednoosobowy wiosłowy z PVC z ławką ze sklejki wodoodpornej



Ponton wieloosobowy typu ciężkiego z napędem spalinowym i ławkami z wysokiej jakości PVC

Ponton okrągły, pełny do tubingu



Ponton - Kajak



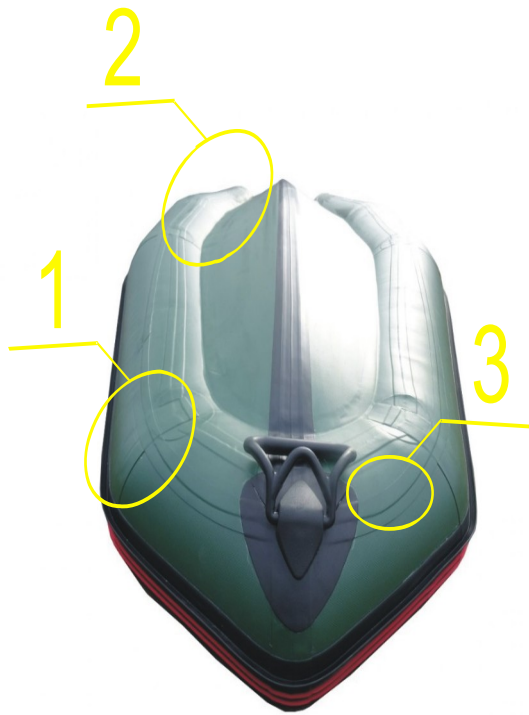
Rowerek pneumatyczny



Katamaran

Inwestor w pierwszej fazie rozwoju zakładu produkcyjnego chce skupić się na produkcji elementów dmuchanych oraz akcesoriów stelażowych z materiałów niemetalowych. Pozostałe elementy dostępne jako typowe Inwestor zakłada kupować i montować do produkowanych elementów. Proces technologii produkcji jednostek pływających w głównej mierze będzie opierał się na procesach wycinania i obróbki materiałów powłokowych (elementy dmuchane) i elementów stelażowych (ławeczki, uchwyty, podłogi) oraz procesach łączenia (elementy zgrzewane wysokotemperaturowe, klejone lub zszywane).

Podstawowe problemy technologiczne jakie mogą się pojawić w produkcji elementów napęcznianych powietrzem dotyczą przede wszystkim sposobu łączenia poszczególnych elementów. Wszystkie elementy muszą być łączone na szczelnie z uwzględnieniem trwałości i niezawodności eksploatacji w warunkach atmosferycznych (nasłonecznienie, słona woda, styczność z ostrymi przedmiotami typu kamienie, gałęzie itp.). Poniżej przedstawiono wybrane problemy zgłoszone przez inwestora jako kluczowe w opracowaniu technologii produkcji:



1. Łączenie segmentów burty
(kolan)

2. Łączenie wzdlużne fartucha
burty
i zamknięcie powierzchni
pierścienia

3. Łączenie podłogi stycznej
do burty

4. Zamykanie powierzchni
ostrzych
o małych rozmiarach

5. Wtapianie elementów
zewnątrznych poddawanych
obciążeniu (ławki)

2. TECHNIKI ZGRZEWANIA TWORZYW SZTUCZNYCH

Podstawową metodą łączenia tkanin z tworzyw sztucznych jest zgrzewanie. ZGRZEWANIE - jest procesem łączenia elementów z tworzyw sztucznych termoplastycznych wywieranie nacisku na uplastyczniający się materiał. Uplastycznienie tworzywa następuje pod wpływem ciepła. Ciepło do tego procesu powstaje w wyniku działania prądu elektrycznego (grzałki) czy energii mechanicznej (prasy, kliny). Niezależnie od sposobu wytworzenia ciepła nacisk powierzchni jest nieodzownym czynnikiem procesu zgrzewania. Podczas nacisku następuje tzw. przepalenie łańcuchów polimerowych, które przenikają się i spajają tworząc po ochłodzeniu zwartą i trwałą strukturę. Struktura ta nie jest jednak taka sama jak struktura elementu pierwotnego. Jej parametry fizyczne i mechaniczne zmieniają się i są ściśle uzależnione od metody procesu zgrzewania. Poniżej przedstawiono dostępne metody (techniki) zgrzewania (2):

ZGRZEWANIE GORĄCYM POWIETRZEM PRZEZ NAGRZANIE OD WEWNĘTRZNEJ STRONY ŁĄCZONYCH POWIERZCHNI

- zgrzewanie prowadzi się za pomocą elementu grzejnego w postaci klina, płyty lub pręta, względnie ciepłem wytworzonym przez tarcie spajanych elementów.

ZGRZEWANIE GORĄCYM POWIETRZEM PRZEZ NAGRZANIE OD ZEWNĘTRZNEJ STRONY ŁĄCZONYCH ELEMENTÓW

- polega na doprowadzeniu ciepła przez całą grubość spajanych materiałów do łączonych powierzchni za pomocą ogrzewanego elektrycznie elementu w postaci listwy, szyny, drutu itp. Są dwie podstawowe metody takiego spajania: zgrzewanie kontaktowe i zgrzewanie impulsowe.

ZGRZEWANIE PRZEZ WYTWARZANIE CIEPŁA WEWNĄTRZ ŁĄCZONYCH MATERIAŁÓW

- metoda ta pozwala stosować zimne narzędzia ściskające. Do tej grupy metod spajania należą zgrzewanie prądem wysokiej częstotliwości i zgrzewanie ultradźwiękowe.

ZGRZEWANIE GORĄCYM KLINEM

- polega na stopniowym uplastycznieniu krawędzi łączonych elementów za pomocą gorącego klina metalowego, przesuwanego wzdłuż złącza, z zachowaniem styku. Nacisk na spajane elementy wywiera się za pomocą rolki. Zgrzewanie gorącym klinem jest stosowane najczęściej do łączenia folii i cieńszych płyt z PVC, a ponadto z polietylenu. Metodą tą wykonuje się złącza zakładkowe.

ZGRZEWANIE NAGRZANĄ PŁYTĄ

- tą metodą spajania uplastycznia się powierzchnie zgrzewanych elementów za pośrednictwem gorącej płyty wprowadzonej między łączone powierzchnie, po czym usuwa się płytę i dociska do siebie spajane elementy. Otrzymuje się w ten sposób doczołowe złącza rur i prętów z twardego

PVC, poliolefin, PMMA i innych tworzyw. Metoda ta znajduje największe zastosowanie do czołowego zgrzewania rur przy montażu rurociągów.

ZGRZEWANIE CIEPŁEM TARCIA

- w tym procesie zgrzewania źródłem ciepła niezbędnego do uplastycznienia tworzywa jest praca tarcia na powierzchniach łączonych elementów. Zależnie od sposobu wzajemnego tarcia tych elementów rozróżnia się zgrzewanie obrotowe, zwane zwyczajowo zgrzewaniem ciernym, oraz zgrzewanie wibracyjne.

3. ZASADA ZGRZEWANIA TKANIN PVC

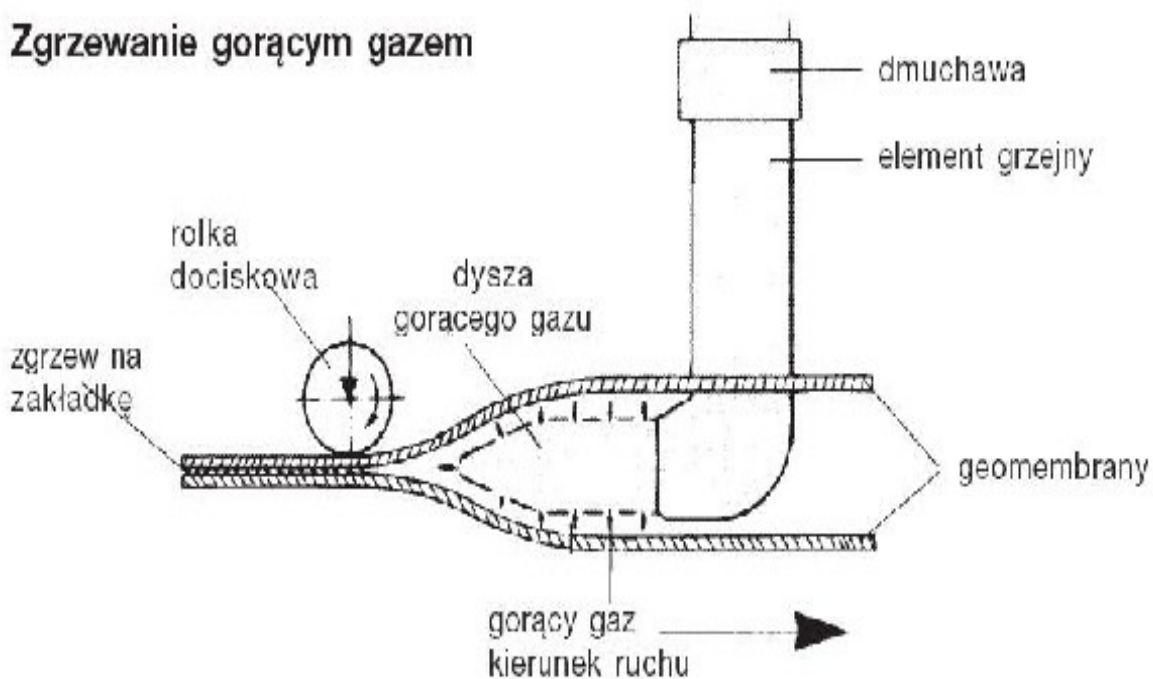
Najczęściej używanym do produkcji pontonów materiałem są tkaniny PVC. Poli chlorek winylu (w skrócie PVC , używa się również określenia PCW) to materiał z grupy polimerów syntetycznych charakteryzujący się przede wszystkim bardzo dobrymi właściwościami termoplastycznymi. Posiada on stosunkowo dobre parametry wytrzymałościowe na eksploatacji w układach mechaniki statycznej i dynamicznej przy stosunkowo niskiej cenie materiału. Poniżej przedstawiono najważniejsze parametry techniczne materiału(2):

Właściwości poli(chlorku winylu)				
Właściwość	Hostalit Z-2057 wtryskowy	Hostalit Z-2070	Hostalit Z-4070 wysokoudarowy	Vinoflex
Gęstość [g/cm ³]	1.38	1.38	1.38	1.38
Temperatura płynięcia polimeru [°C]	85	85	85	85
Chłonność wody po 24h [%]	0.01	0.01	0.01	0.01
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	51	47	40	50
Moduł sprężystości przy rozciąganiu [MPa]	25000	25000	19000	30000
Wydłużenie przy zerwaniu [%]	20	30	40	30
Wytrzymałość na zginanie [MPa]	82	82	55	90
Udarność bez karbu wg Charpy [kJ/ m ²]	> 100	> 100	> 100	> 100
Udarność z karbem wg Charpy [kJ/ m ²]	5	30	50	35
Twardość wg Shore'a, skala	D-81	D-81	D-76	-
Temperatura mięknięcia wg Vicata [0oC] (P=49N)	70	70	80	83
Temperatura ugięcia pod obciążeniem d=1,85 MPa	69	69	68	-
Wytrzymałość elektryczna [MV/m]	50	50	50	40
Oporność elektryczna skośna [om* m]	1*10 ¹⁴	1*10 ¹⁴	1*10 ¹⁴	1*10 ¹⁴
Oporność elektryczna powierzchniowa [om]	> 5*10 ¹³	> 5*10 ¹³	> 5*10 ¹³	> 5*10 ¹³
Współczynnik strat elektrycznych, tg d (50 Hz)	0.01	0.01	0.02	0.02
Maksymalna temperatura użytkowania [°C]	75	75	70	75

Tkaniny PVC dostępne są na rynku w różnych grubościach i o różnym składzie. Przy produkcji pontonów wykorzystuje się tkaniny średniej grubości od 500g/m² do 1500g/m². Dla takich grubości materiału najlepszą metodą zgrzewania jest technika zgrzewania gorącym powietrzem.

Zgrzewanie gorącym powietrzem jest technika opierająca się na łączeniu materiałów poprzez nagrzanie powierzchni wewnętrznej materiałów i ich ściśnięcie. Poniżej przedstawiono ideowy schemat zgrzewania gorącym powietrzem:

Zgrzewanie gorącym gazem



4. RODZAJE ZGRZEWAREK

W zależności od sposobu prowadzenia materiału wyróżniamy trzy rodzaje maszyn zgrzewających gorącym powietrzem:

– zgrzewarki ręczne – są to najprostsze zgrzewarki o mocy 1000-2500 W. Pozwalają one na uzyskanie temperatury zgrzewania do 600°C. Zgrzewarka w stosunku do materiału przesuwana jest ręcznie co niestety ogranicza możliwość zgrzewu jednolitego na całej jego powierzchni. Tego typu zgrzewarki są stosowane przede wszystkim przy pracach naprawczych a także w sytuacjach gdzie nie ma możliwości zastosowania zgrzewarki automatycznej. Wałek dociskowy jest w tym wypadku elementem oddzielnym, bardzo często jest dostarczany jako akcesorium. Poniżej przykład takiej zgrzewarki:



Zgrzewarka ręczna i zestaw akcesoriów (wałek i dysze)

– zgrzewarki samojezdne - Automaty posiadające pełną gamę regulacji pozwalających na dostosowanie parametrów do warunków zgrzewania - płynną regulację prędkości i temperatury oraz cyfrowe wskaźniki zadanych i bieżących wartości. Dzięki mechanizmowi podnoszącemu można odciąć napęd w dowolnym momencie bez konieczności wyłączenia silnika. Zgrzewarka wyposażona jest też w dodatkowy pas silikonowy, który wstępnie dociska i zapobiega przesuwaniu się zgrzewanego materiału. Tego typu zgrzewarki sprawdzają się bardzo dobrze przy zgrzewach wielko-powierzchniowych wykonywanych na powierzchniach płaskich np. banery czy membrany dachowe. Nie nadają się jednak do łączeń narażonych na obciążenia dynamiczne lub połączenia wysokiej szczelności. Poniżej przykład takiej zgrzewarki:



Zgrzewarka automatyczna samojezdna

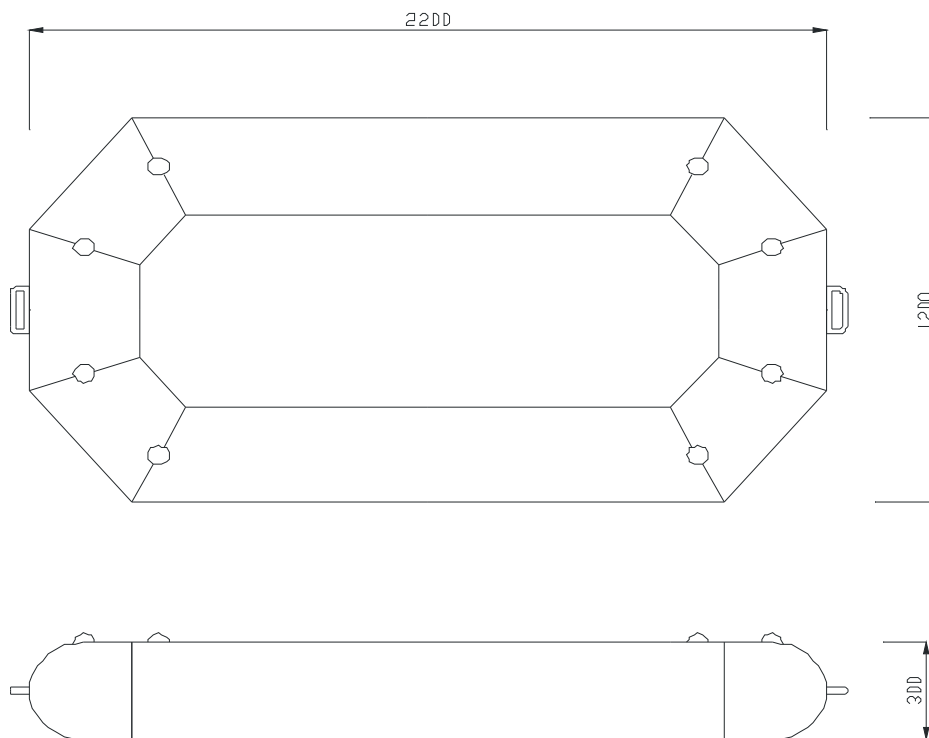
– zgrzewarki automatyczne stacjonarne – to urządzenia w pełni zautomatyzowane. Materiał jest automatycznie przesuwany dzięki zastosowaniu dwóch rolek dociskowych. Użytkownik programuje prędkość posuwu rolek, siłę docisku, temperaturę zgrzewu i odległość dyszy zgrzewającej. Ponadto zgrzewarki tego typu posiadają możliwość zgrzewania dodatkowej taśmy do elementów zgrzewanych (dodatkowy podajnik). Zgrzewarki tego typu sprawdzają się szczególnie przy produkcji seryjnej wyrobów o nietypowych kształtach (baseny, odzież specjalistyczna, pontony itp.). Poniżej przykład takiej zgrzewarki:



5. OPIS PROCESU PRODUKCJI PONTONU

5.1 Tworzenie projektu rozkroju

Ponton w zależności od zastosowań może nieco się różnić, ale na ogół jest to bryła obrotowa, zamknięta po krzywej (toroidalna). Poniżej przedstawiono szkic pontonu zaproponowanego przez Beneficjenta do wykonania opisu technologii produkcji:



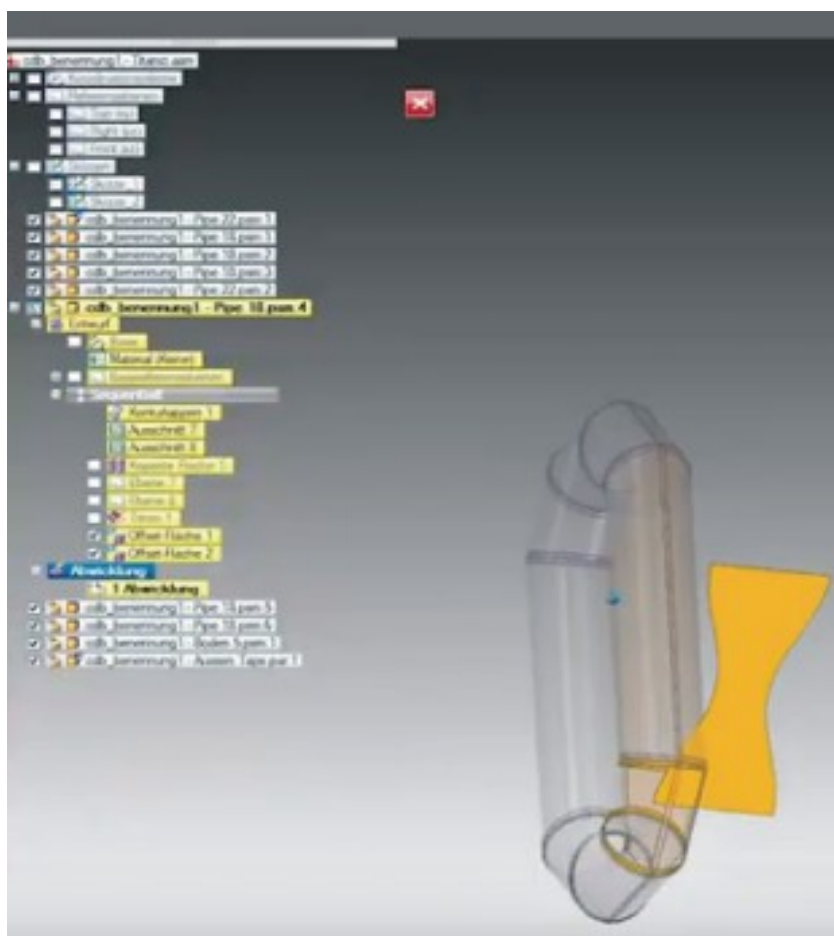
Szkic prototypowego pontonu

Powyższy szkic przedstawia jedynie wymiary gabarytowe pontonu. Do wykonania wyrobu potrzebne są rozwinięcia bryły. Do wykonania takich rozwinięć można używać programów, w których zamodelowaną bryłę 3D rozwijamy na elementy płaskie. Poniżej przykład takiego projektu (3).



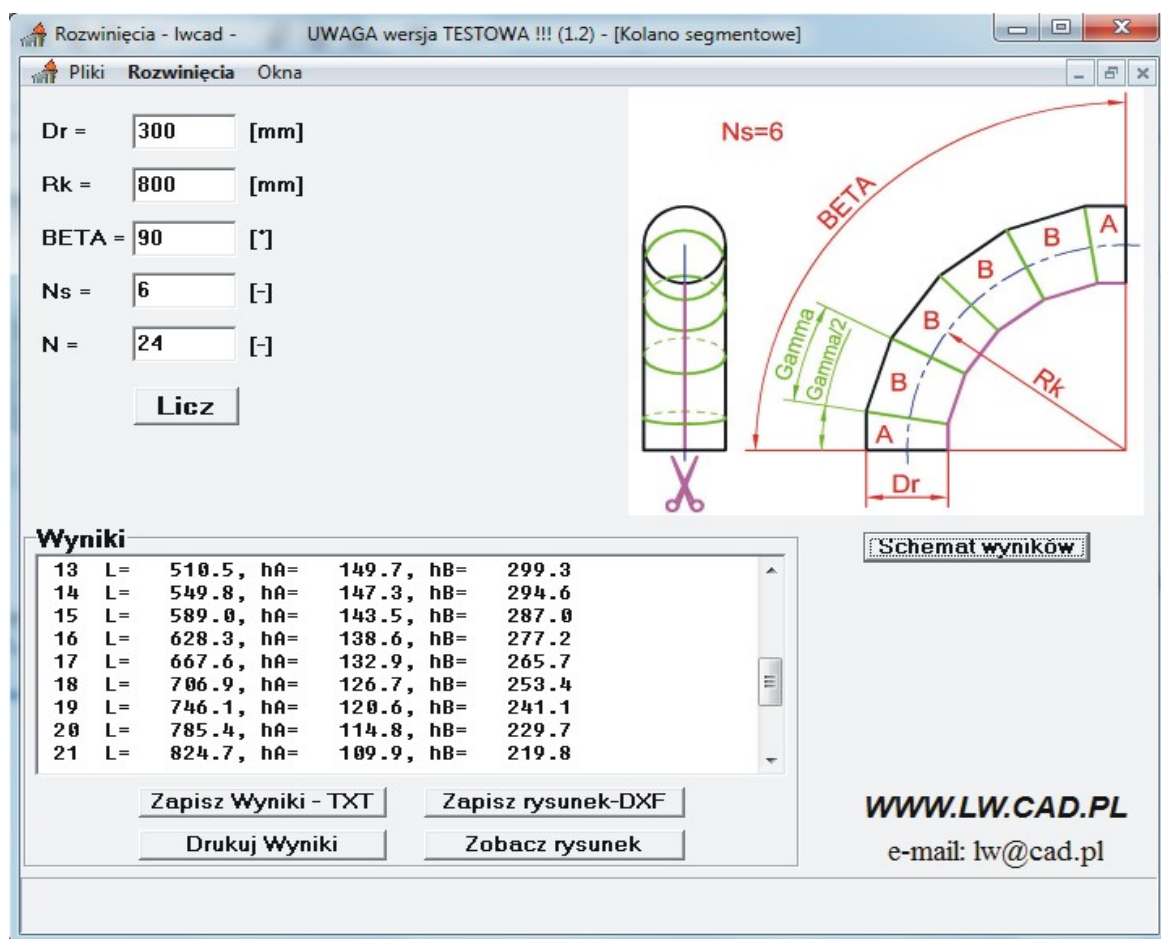
Bryła pontonu wykonana przy użyciu programu typu CAD 3D

W programach tego typu można w dowolny sposób rozłożyć elementy bryły na powierzchnie płaskie wyznaczając w dowolnym obszarze powierzchnie cięcia jak na poniższym rysunku (3):

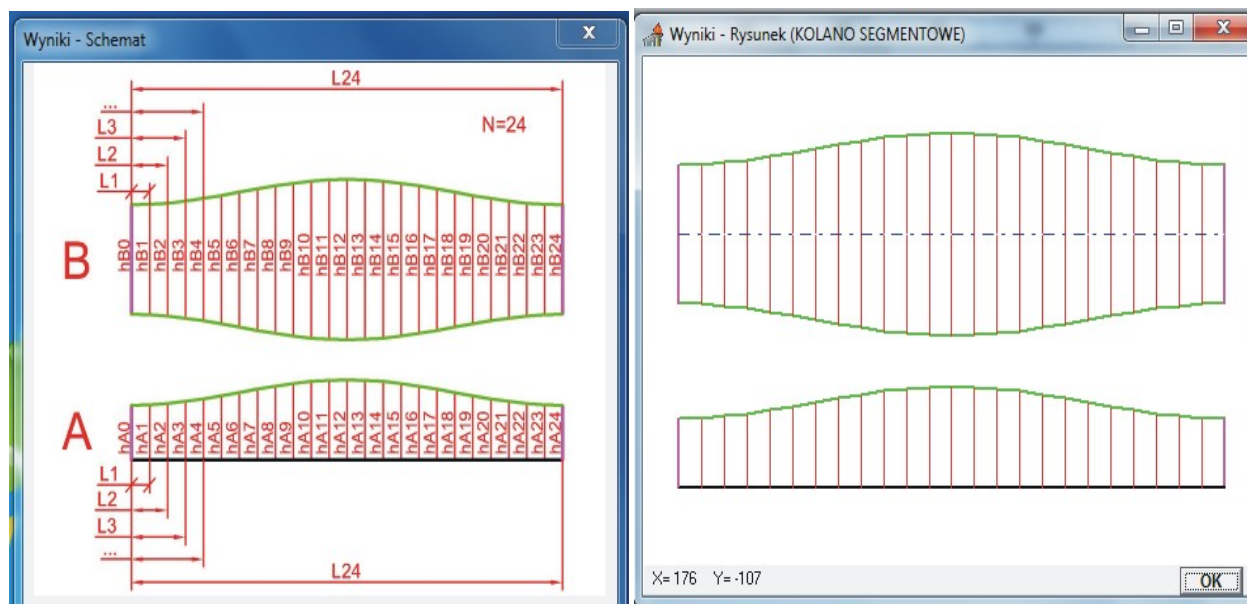


Wycinek rozwinięcia segmentu pontonu wykonany przy użyciu programu typu CAD 3D

Rozkroje bryły obrotowej można również wykonać na podstawie prostszych oprogramowań wykorzystujących algorytmy numeryczne. Do stworzenia prototypu wykorzystano program rozwinięcia, który jest dostępny w internecie (4). Jest to bezpłatna aplikacja służąca do modelowania rozwinięć elementów zwijanych. Bryłę pontonu traktujemy jako kolano wielosegmentowe. Określamy średnicę kolana D_r , kąt rozwarcia kolana **BETA** oraz promień łuku **R_k** po którym kolano ma być gięte (podzielone na segmenty). Program umożliwia podzielenie kolana na dowolną liczbę segmentów N_s (minimum trzy segmenty). Rozwinięcie segmentu jest krzywą aproksymowaną do łuku. Użytkownik określa również ilość kroków aproksymacji **N**. Program dzieli kolano na dwa rodzaje segmentów. Segmenty typu A – zamykające łuk i segmenty wewnętrzne łuku typu B. Po wprowadzeniu danych należy nacisnąć klawisz LICZ, wtedy program wyliczy punkty rozwinięcia. Rysunek punktów rozwinięcia można zobaczyć na podglądzie – klawisz ZOBACZ RYSUNEK. Program umożliwia generowanie wyników końcowych w formie pliku TXT lub DXF, które w łatwy sposób można zaimplementować do programu typu CAD 2D. Poniżej przedstawiono screeny programu przedstawiające jego interfejs oraz wyniki. Do wykonania rozkroju wykorzystujemy tylko segmenty typu B (segmenty A traktujemy jako pomocnicze). Program niestety nie umożliwia wyboru krawędzi cięcia, domyślnie tnie segment po najdłuższej krawędzi.



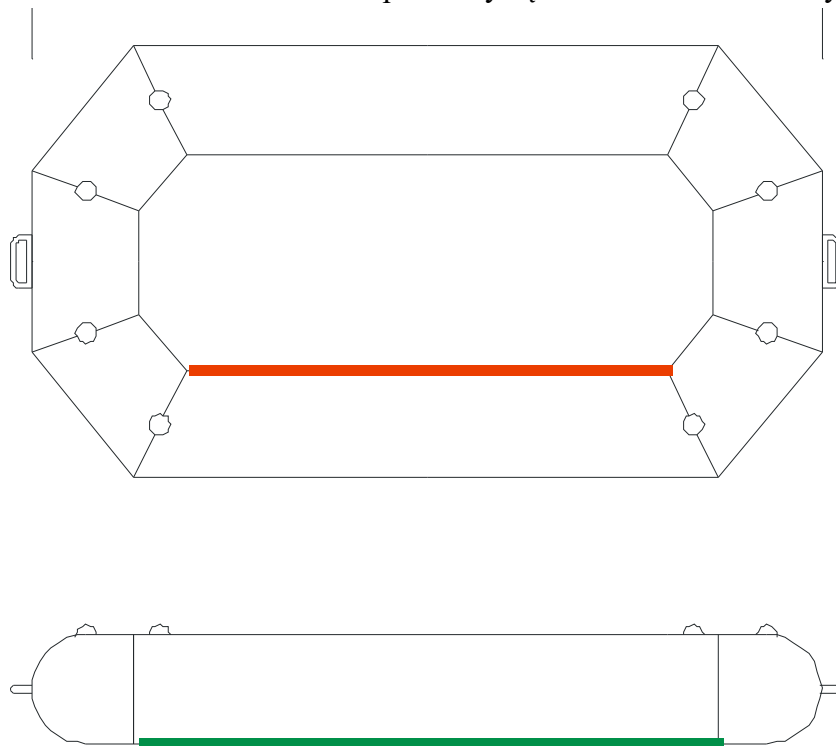
Interfejs programu ROZWINIĘCIA z wprowadzonymi danymi dla prototypowego pontonu



Wygenerowane rozkroje. Po lewej - rozkrój poglądowy. Po prawej rozkrój rzeczywisty.

5.2 Przygotowanie rozkroju do wycinania

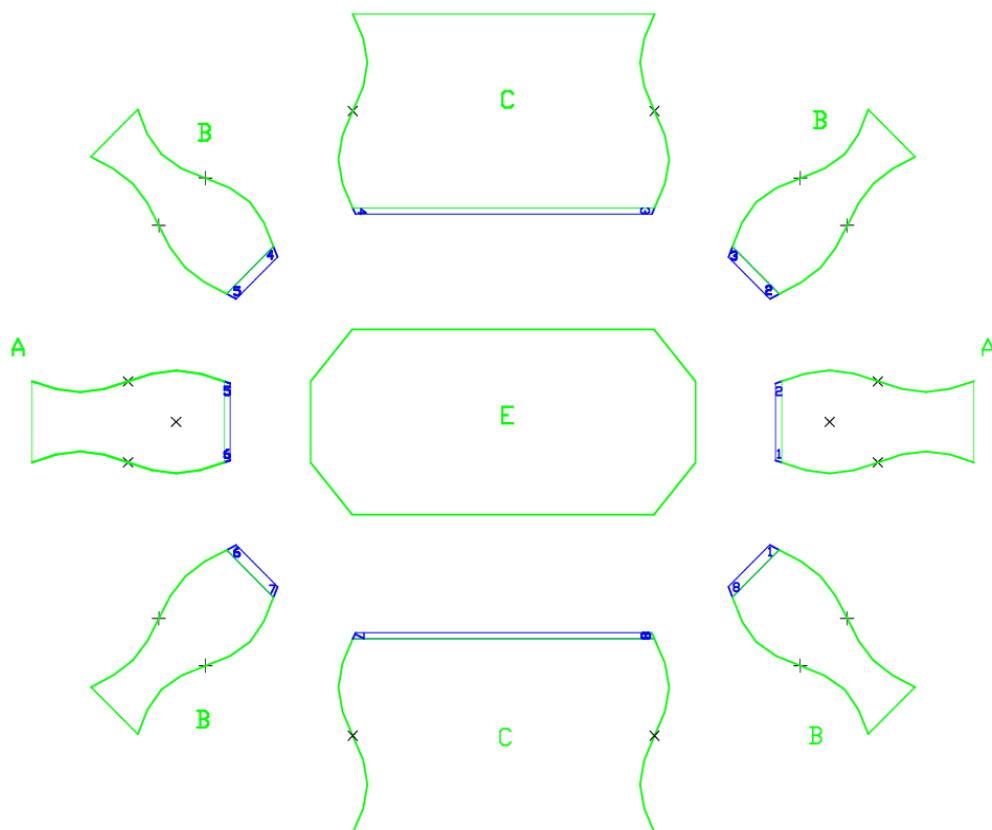
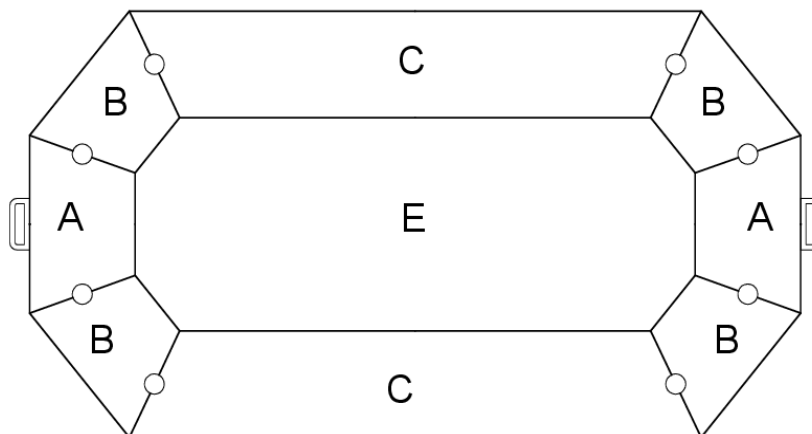
Wygenerowany plik rozkroju w formacie DXF nie nadaje się do bezpośredniego wycięcia. Przed przystąpieniem do wycinania należy nanieść naddatki materiału i ustalić krawędzie łączenia zwijanych rozkrojów. Krawędzie rozkroju obrazuje poniższy szkic. Rozkrój wykonany w programie rozwinięcia automatycznie przyjmuje za linię łączenia wewnętrzną krawędź burty zaznaczoną na czerwono. Przy tak przygotowanym rozkroju krawędź łączenia byłaby widoczna dla użytkownika pontonu. Dlatego linie przecięcia należy przenieść na krawędź dna burty. Jest to operacja która nie tylko poprawi estetykę wyrobu ale także ułatwi połączenie burty z podłogą pontonu. Poprawną linię przecięcia zaznaczono na zielono. Dodatkowo przed wycięciem elementów należy zaznaczyć



Linie łączenia segmentów burty.

miejsca wtapiania elementów zewnętrznych z tworzywa PCV. Elementy z tworzywa twardego i gumy (uchwyty pod sznur, rękojeści itp.) będą wtapiane na końcu po zgrzaniu burt i podłogi pontonu. Jednak miejsca ich wtopienia należy przewidzieć na etapie przygotowania rozkroju bo po zgrzaniu trudno będzie znaleźć punkty symetrii. Warto również na etapie przygotowania rozkroju zaznaczyć linie łączenia poszczególnych segmentów, które przy produkcji seryjnej ułatwią ich łączenie i zapobiegą ewentualnym pomyłkom. Rozkroje powinny również posiadać odpowiednie naddatki materiału w celu łatwiejszego i szczelnego połączenia wszystkich elementów. Burty nie wymagają stosowania dodatkowych naddatków gdyż będą dodatkowo wzmacniane taśmą jednak połączenie podłogi z burtami musi przenosić obciążenia dlatego zasugerowano naddatek materiału na łączenie z podłogą.

Projekt końcowy rozkroju można przygotować w dowolnym oprogramowaniu typu CAD. W przypadku prototypy wykorzystano program AUTOCAD firmy Autodesk oraz oprogramowanie UCANCAM PRO firmy UcanCam. Poniżej zestawienie rozkrojów końcowych pontonu. W obszarze naddatku naniesiono dodatkowe cyfry od 1 do 8 określające pary krawędzi do zgrzewania. Krawędzie naddatku zaznaczone zostały kolorem niebieskim. Zaś punkty wtapiania osprzętu zaznaczono krzyżykiem:



Projektował:	PROJEKTOWAŁ	DATA1	Podziałka:	Materiał:	Masa [kg]:
Rysował:	RYSOWAŁ	DATA2	PODZIAŁKA	MATERIAL	MASA
Sprawił:	SPRAWDZIŁ	DATA3		Format:	Arkusz:
Zatwierdził:	ZATWIERDZIŁ	DATA4		FORMAT	ARKUSZ
			ROZKROJE_PONTONU		
			Numer rysunku: 1/1		

5.3 Wycinanie rozkroju

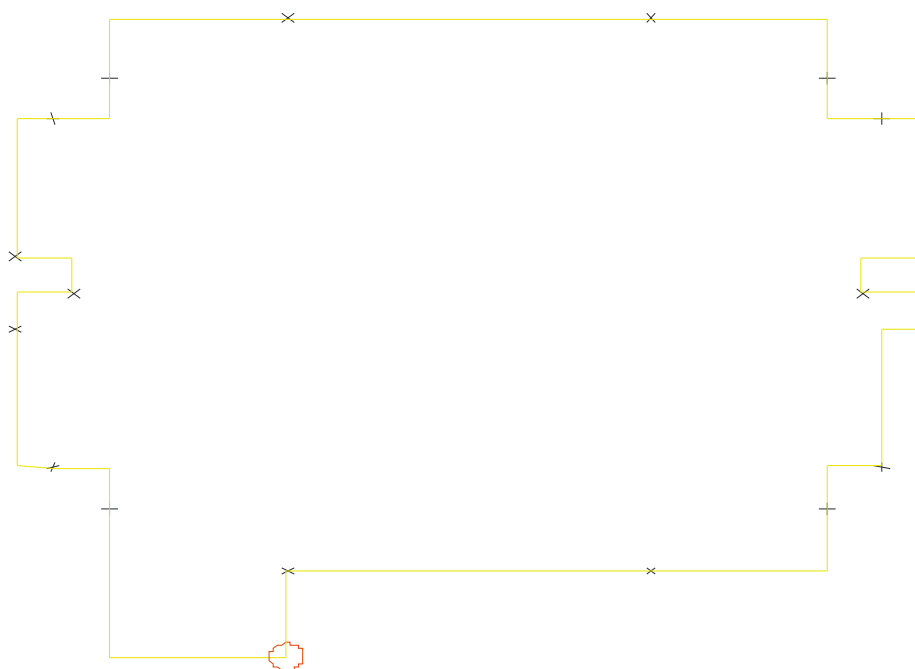
Mając przygotowany plik do wycinania w formacie DWG możemy go zaimplementować do dowolnej obrabiarki CNC. Rozkroje będą wykonywane na materiale PCV o gramaturze od 500 do 1200 g/m² i grubościach do 1mm. Tego typu materiał najlepiej będzie wycinać nożem elektrycznym lub oscylacyjnym. Materiał PCV jest dostępny w sprzedaży w arkuszach lub zwojach. Z uwagi na małą ilość odpadów najlepiej posłużyć się arkuszem 2 x 4 [m]. Rozkroje prototypowego pontonu zostanie wykonany na ploterze frezującym z głowicą oscylacyjną. Do cięcia materiału zostanie użyty nóż oscylacyjny. Przed rozpoczęciem cięcia należy plik typu CAD zaimportować do programu roboczego plotera CNC. W naszym przypadku operacje wycinania przygotowano w programie UCAN CAM PRO. Program pozwala zarówno na przygotowanie prostych plików DWG jak również na przygotowanie obróbki materiału.

Poniżej przedstawiono poglądowy algorytm frezowania przy użyciu programu UCAN CAM:

Importowanie pliku – z pasku stanu wybieramy funkcję importuj plik, z listy rozwijalnej wybieramy wcześniej przygotowany plik ROZKROJE PONTONU.DXF

Operacja 1 – trasowanie

Zanim przystąpimy do wycinania najpierw należy na trasować punkty wtapienia osprzętu. Na zaimportowanym pliku rysujemy krzywą, po której ma poruszać się narzędzie trasujące oraz zaznaczamy punkt zerowy (czerwone kółko). Poniżej przedstawiono szkic ścieżki trasowania z zaznaczonymi literką X punktami trasowania.

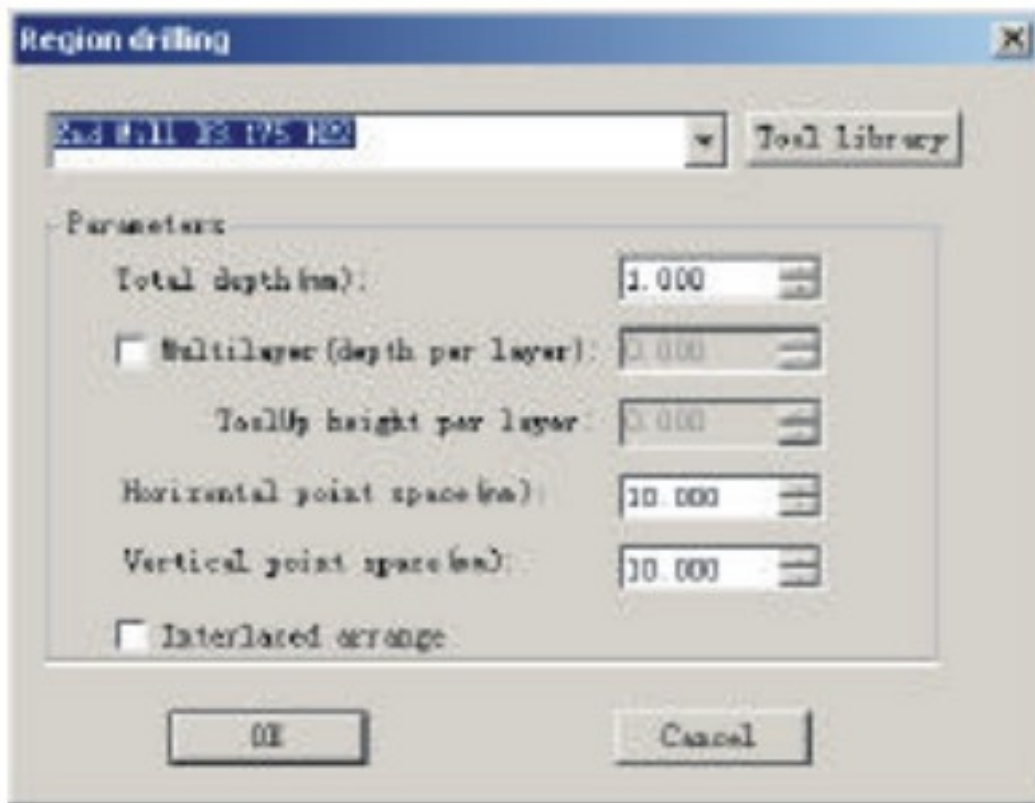


Krzywa trasowania

Operację trasowania możemy wykonać za pomocą jednego z kilku gotowych funkcji obróbki. W przypadku operacji trasowania posłużymy się tą samą funkcją – WIERCENIE W OBSZARZE .

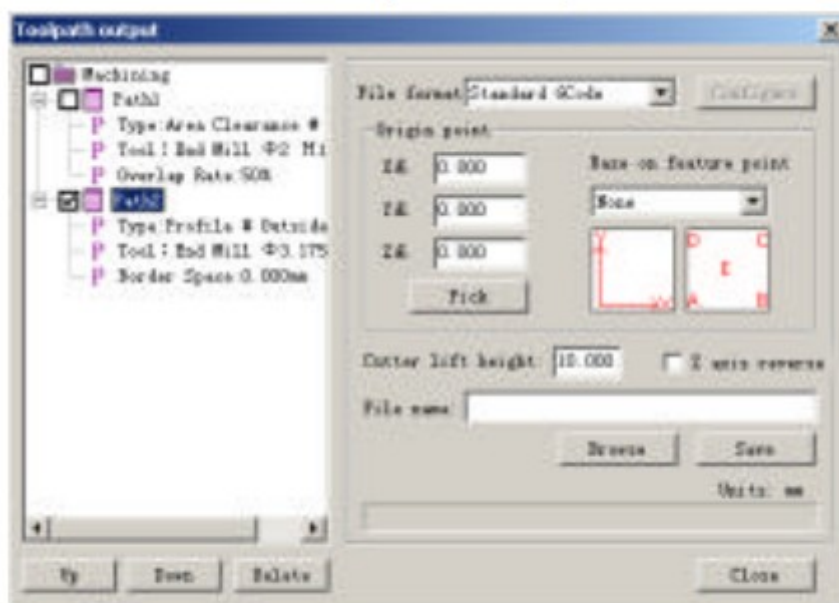
WYBÓR NARZĘDZIA – z dostępnej listy narzędzi wybieramy PISAK. Ustawiamy głębokość wiercenia na 1 (głębokość należy dobrać do gramatury materiału, przy twardszych materiałach pisak może nie nakreślać punktów)

WYBÓR ŚCIEŻKI – Określamy początek ścieżki w punkcie środka czerwonego kółka i zaznaczamy. W oknie dialogowym *Region Drilling* zaznaczamy odległości między punktami trasowania w poziomie i pionie zgodnie ze ścieżką trasowania i zaznaczamy funkcję Interlaced arrange (układ przeplatany).



Okno dialogowe funkcji REGION DRILLING

Po zakończeniu ścieżki narzędzia zapisujemy operację i generujemy listę G-code klikając na Liście Formatów ikonę STANDARD G-code jak pokazano na rys.11-9:



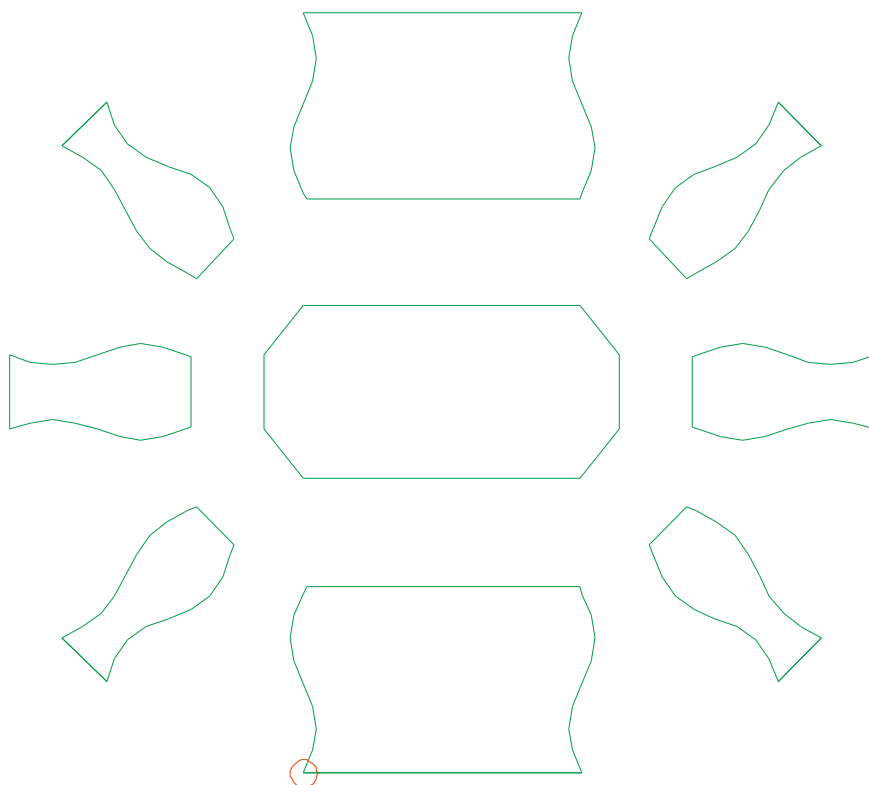
Rys. 11-9

Operacja 2 – wycinanie

Do wykonania operacji cięcia użyjemy funkcji OBRÓBKA PROFILOWA.

WYBÓR NARZĘDZIA – z listy narzędzi wybieramy nóż oscylacyjny. Ustawiamy głębokość cięcia 0.5mm.

WYBÓR ŚCIEŻKI – wybieramy funkcję Outside – szablon będzie wycinany po zewnętrznym konturze. Zaznaczamy linie cięcia na wcześniej przygotowanym projekcie (linie cięcia są liniami zewnętrznymi wraz z liniami naddatku, pozostałe linie ukrywamy bądź usuwamy jak na poniższym rysunku. Program dobierze automatycznie ścieżkę obróbki jednak dla bezpieczeństwa punkt początkowy należy ustalić w punkcie początkowym operacji trasowania.



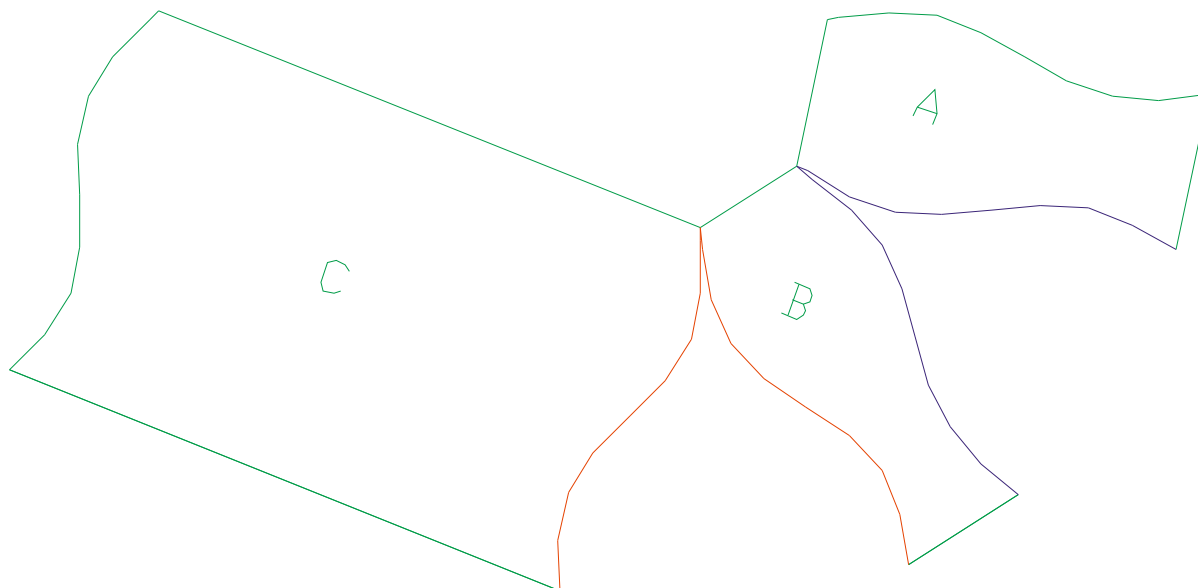
Zaznaczony obszar cięcia

Po zaznaczeniu ścieżki zapisujemy ją i generujemy G-CODE.

Po wygenerowaniu G-CODÓW plik jest gotowy do obróbki. Przy wycinaniu należy pamiętać o tym by powierzchnia materiału była równo rozłożona na stole. Jakikolwiek fałdy lub załamania mogą spowodować przesunięcie ścieżek obróbki. Należy też odpowiednio dobrać prędkość posuwu cięcia. Przy cienkich materiałach prędkość nie stanowi większego znaczenia może jedynie wpływać na zużycie noża jednak przy grubszych materiałach krawędzie mogą być postrzępione. Zaleca się aby prędkość posuwu nie była wyższa niż 20m/min. Standardowo przy cięciu tkanin PCV przyjmuje się prędkość w przedziale 8-12mm. W przypadku cięcia lub grawerowania innych materiałów typu sklejka, płyta plexi należy przede wszystkim dobrać prędkość do rodzaju materiału i zastosowanego frezu.

5.4 Zgrzewanie segmentów

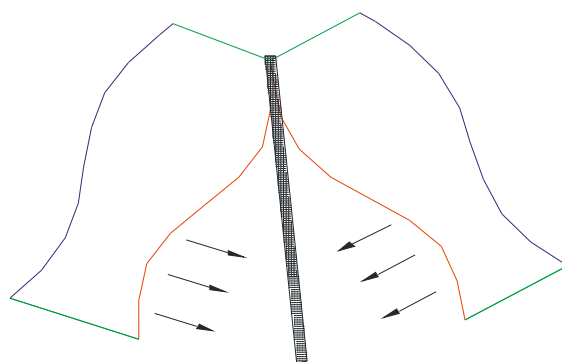
Kolejnym etapem produkcji pontonu jest zgrzewanie wyciętych rozkrojów. W pierwszym etapie wykonamy zgrzewanie boczne burt po linii krzywej. Zgrzewamy najpierw elementy o mniejszej powierzchni a więc najpierw elementy A i B, następnie A+B i C i na końcu całość. Ważne aby proces zgrzewania rozpocząć dokładnie w tym samym punkcie bez przesunięcia krawędzi jak pokazano na poniższym rysunku:



Ułożenie segmentów do zgrzewania bocznego

Zgrzewanie dwóch segmentów z taśmą wzmacniającą

Segmenty boczne zgrzewane są stycznie do siebie z zewnętrznie nałożoną taśmą wzmacniającą. Taśmę należy zgrzewać po obu stronach łączenia (zarówno po stronie powierzchni zewnętrznej i wewnętrznej) bo tylko taki zgrzew gwarantuje szczelność. Segmenty zgrzewane należy „ściągać do siebie” podczas zgrzewania . „Ściąganie” elementów tzn. ich naprężanie należy wykonywać ręcznie niezależnie od metody zgrzewania.



Zgrzew styczny z taśmą

Zaleca się aby zgrzewanie taśmy wykonać zakładkowo z każdej strony oddzielnie (najpierw ze strony wewnętrznej a potem zewnętrznej). Zalecamy stosować taśmy o dużej szerokości 20-25mm. Zgrzewanie najlepiej wykonać na zgrzewarce automatycznej z obustronną rolką dociskową. Poniżej przedstawiono zdjęcia zgrzewanych elementów. Zgrzewy wykonane na zgrzewarce automatycznej SEAMTEK 900AT.



Po lewej: Zgrzew boczny dwóch segmentów burty. Po prawej: Taśma wzmacniająca 25mm zgrzana po obu stronach rozkroju.



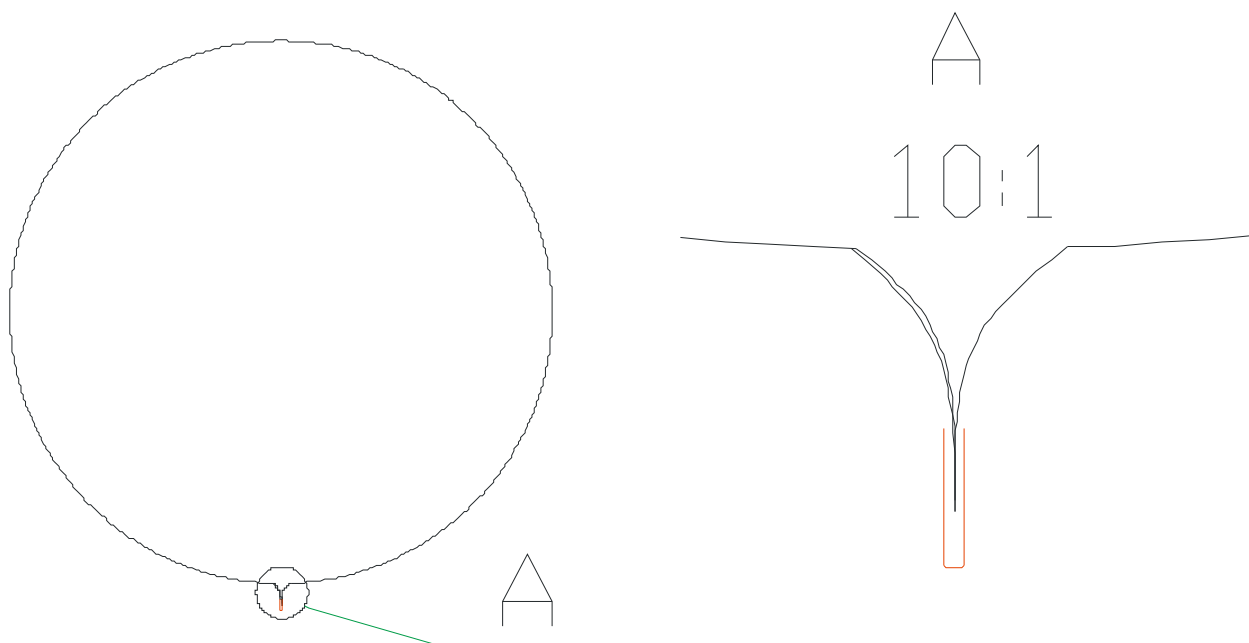
Zgrzewanie taśmy przy użyciu automatycznego podajnika zgrzewarki SEAMTEK 900AT

MONTAŻ ZAWORU POWIETRZA - Przed wykonaniem zgrzewu wzdłużnego należy zamontować zawór powietrza. Zawór powietrza montujemy od strony zewnętrznej powierzchni w uprzednio przygotowanym otworze. Otwór najlepiej wyciąć na ploterze. Średnica otworu powinna być minimalnie większa niż średnica gwintu zaworu (średnica rowka). Zawór montujemy wkręcając nakrętkę zaworu od strony wewnętrznej. Zawór posiada własną uszczelkę ale należy pamiętać by przy skręcaniu nie nastąpiło pofałdowanie materiału, które może skutkować nieszczelnością pontonu (jak na zdjęciu obok)



5.5 Zgrzewanie wzdłużne burty

Po zgrzaniu wszystkich segmentów materiał tworzy powierzchnię zamkniętą którą należy zwinąć w rurę zamkniętą (toroidalną). Aby ta operacja była możliwa do wykonania na zgrzewarce automatycznej bez deformacji należy materiał zwinąć w rurę ze zwiększoną średnicą, zgiąć w miejscu nadkładu i zgrzać z dodatkowym paskiem materiału jak przedstawia poniższy szkic:

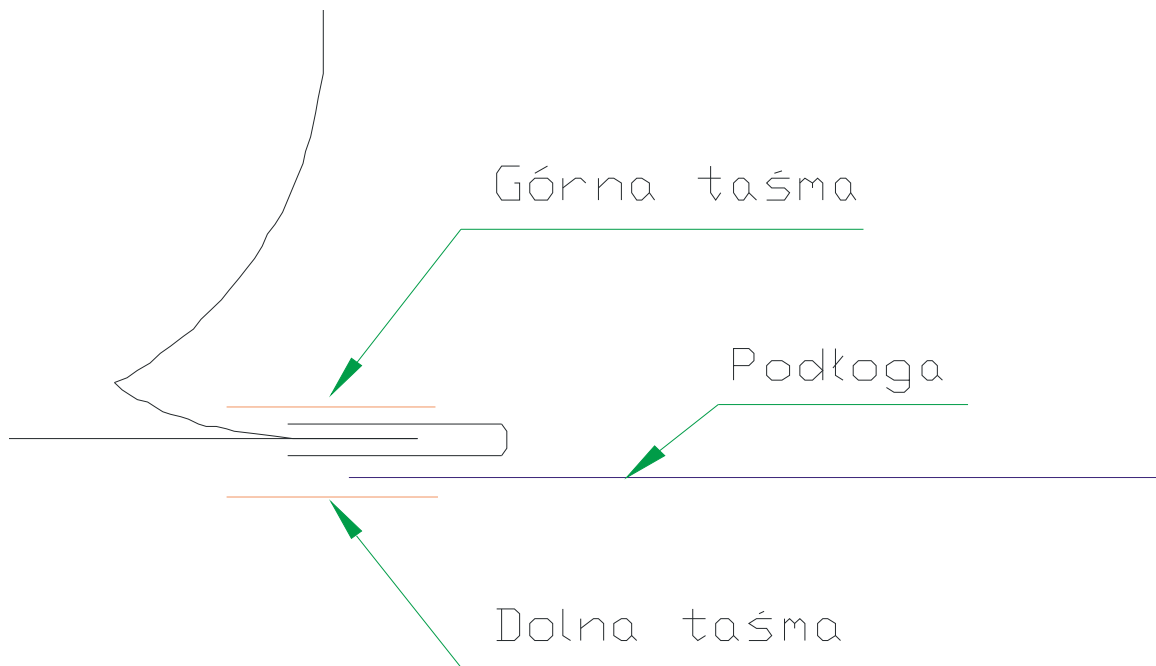


Przekrój zwiniętej burty

Na szkicu dodatkowy pasek materiału zaznaczono na czerwono. Najlepiej aby pasek był na tyle szeroki żeby mógł być zgięty i zgrzany z dwóch stron burty. Zawinięcie burty musi być mniejsze niż wielkość naddatku (zalecamy zawinąć połowę naddatku). Krawędź zawinięcia można także wcześniej zakreślić na ploterze. Powstały dzióbek posłuży nam w kolejnej operacji do zgrzewania podłogi dlatego ważne żeby był odpowiednio długi do wykonania zgrzewu zakładkowego.

5.6 Zgrzewanie podłogi do burty

Najtrudniejszą operacją przy wykonaniu wyrobu końcowego jest zgrzewanie podłogi do burty. Operacja ta jest przede wszystkim trudna z powodu braku skutecznej metody zautomatyzowania jej. Poniżej schemat łączenia podłogi z burtą. Łączenia należy dokonać w trzech etapach zgrzewania.



Pierwszy zgrzew wykonujemy pomiędzy „dzióbkiem” a podłogą. Z uwagi na brak możliwości dobrego docisku należy go wykonać zgrzewarką ręczną. Zgrzew można wykonać punktowo a następnie dogrzewać na zgrzewarce automatycznej



Zgrzewanie przy użyciu zgrzewarki ręcznej.

Zgrzewanie taśm wzmacniających można wykonać na zgrzewarce automatycznej z założeniem odpowiednich warunków pracy (temperatura, siła docisku).

5.7 Wykonanie prototypu

Ostatnim elementem do zamontowania na gotowej formie pontonu są uchwyty. Montujemy je po zewnętrznej stronie pontonu i nie mają one wpływu na szczelność i stateczność pontonu jednak należy pamiętać że w przypadku ewentualnego zerwania takiego uchwytu może nastąpić rozszczelnienie pontonu dlatego w miejscach najbardziej narażonych zalecamy dogrzać dodatkowe podkładki (łatki), które w przypadku ewentualnego zniszczenia nie spowodują uszkodzenia burty pontonu. Wykonany prototyp przedstawia się następująco:



Pokazany na zdjęciu ponton nieco różni się od zaprojektowanego. Ponton został wykonany w przy użyciu automatycznej zgrzewarki gorącego powietrza typu SEAMTEK 900 AT. Podłoga została wyposażona w dodatkowy płaszcz zewnętrzny (w kolorze czarnym), który osłania zgrzew podstawowy (aby poprawić design wyrobu). Poniżej przedstawiono parametry pracy jakie ustawiono na zgrzewarce:

Temperatura otoczenia : 20 °C

Temperatura procesu zgrzewania burty (zgrzew boczny): 400 °C

Temperatura procesu zgrzewania burty (zgrzew wzdłużny): 450 °C

Temperatura procesu zgrzewania podłogi do burty: 450 °C

Temperatura procesu zgrzewania płaszcza zewnętrznego: 450 °C

Prędkość posuwu rolek przy zgrzewaniu burty (zgrzew boczny): 1 m/min

Prędkość posuwu rolek przy zgrzewaniu burty (zgrzew wzdłużny): 1 m/min

Prędkość posuwu rolek przy zgrzewaniu podłogi do burty 0.5 m/min

Prędkość posuwu rolek przy zgrzewaniu płaszcza zewnętrznego: 1 m/min

Rolka górna silikonowa o średnicy 63.5mm

Rolka dolna stalowa o średnicy 63.5mm

6. OCENA JAKOŚCI PROTOTYPU

Ponton został sprawdzony zgodnie z obowiązującymi przepisami wg normy PN-EN ISO 6185-1 (6)
„Łodzie pneumatyczne -- Część 1: Łodzie z silnikiem o maksymalnej mocy znamionowej 4,5 kW”

Przeprowadzono następujące próby jakościowe:

a) próba szczelności – próba zakończona pozytywnie

b) próba wyporności i obciążenia dynamicznego

- określono obciążenie maksymalne do 250kg
- określono maksymalną liczbę osób : 2 osoby

c) próba ciśnienia przy zmiennych warunkach nasłonecznienia

- minimalne ciśnienie bezpieczne (pompowanie przy dużym nasłonecznieniu): 0.25 bar
- maksymalne ciśnienie bezpieczne (pompowanie przy braku nasłonecznienia): 0.15 bar

Do wykonanego prototypu określono kartę zgodnie z normą (6):

MAXIMUM CAPACITIES MAXIMUM-KAPAZITÄT CAPACITÉS MAXIMUM	 +  = <u>250</u> Kg (<u>551</u> Lbs)
PERSONS PERSONEN PERSONNES	 = <u>2</u>  = <u>-</u>
MANUFACTURER HERSTELLER FABRICANT	
MODEL MODELL MODÈLE	<u>PROTOTYP_1</u>
RECOMMENDED WORKING PRESSURE FOR EACH CHAMBER EMPFOHLENE ARBEITENDE DRUCK FÜR JEDE LUFTKAMMER RECOMMANDÉ FONCTIONNEL PRESSION POUR CHAQUE CHAMBRE À AIR	
 = <u>0.2</u> bar (<u>2.9</u> psi)	

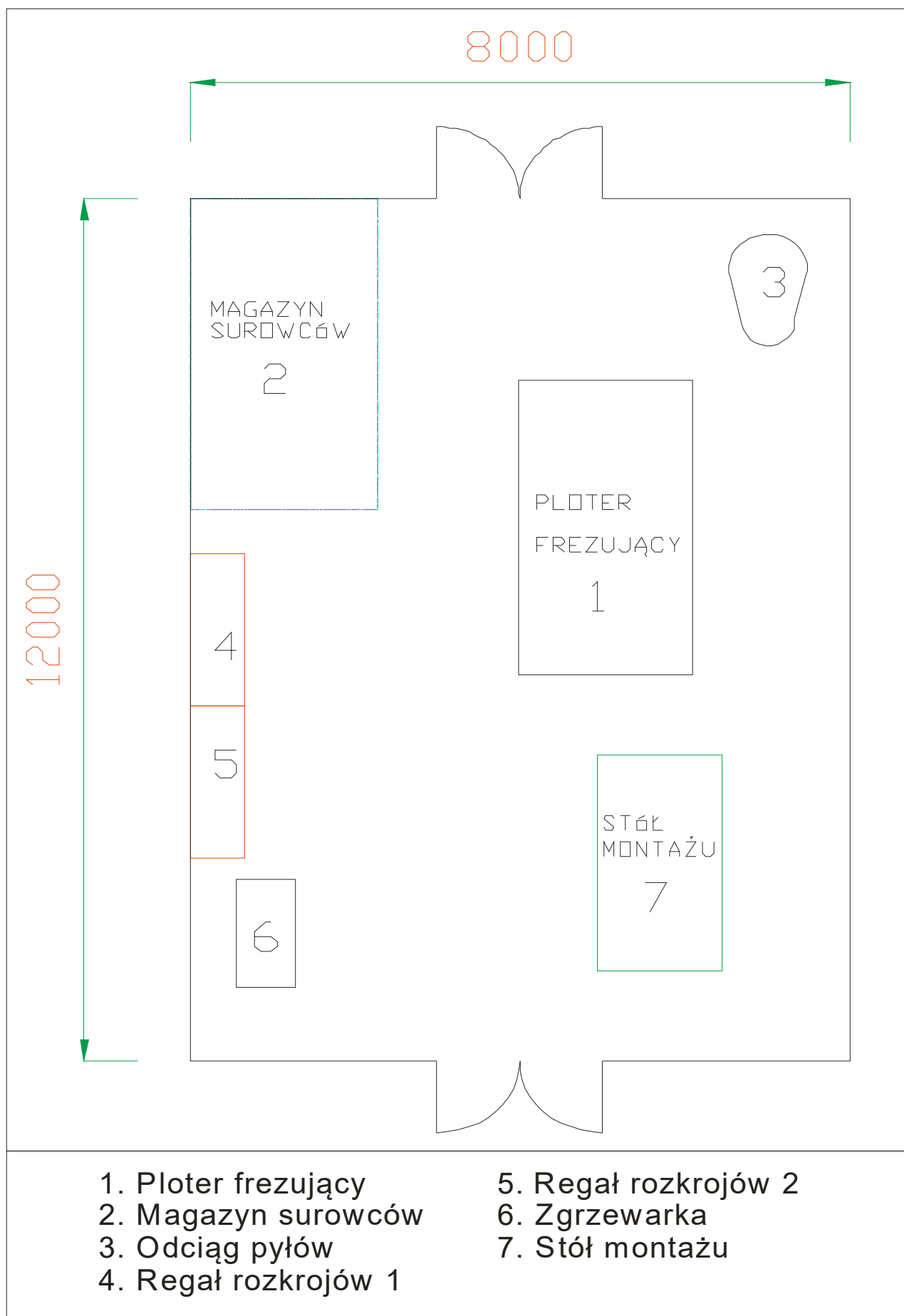
7. SPECYFIKACJE MASZYN PRODUKCYJNYCH

W poniższych zestawieniach określono podstawowe parametry maszyn potrzebnych beneficjentowi do zrealizowania procesu technologicznego:

Typ urządzenia:	PLOTER FREZUJĄCY
Szerokość pola roboczego:	od 2000 mm do 2300 mm
Długość pola roboczego:	od 4000 mm do 4500 mm
Wysokość pola roboczego:	od 250 mm do 350 mm
Rodzaj konsoli sterującej	Komputer sterujący typu DSP
Sposób niwelacji drgań:	Wzmocnienie konstrukcyjne
Typ oprogramowania:	CAD/CAM 2D, 2.5D
Montaż narzędzi	Na płycie
Rodzaj wrzeciona:	Ceramiczne, chłodzone cieczą
Magazyn narzędzi:	Min. 3 narzędzia (zalecane 6 narzędzi)
Rodzaj napędów:	Serwonapędy cyfrowe
Rodzaj stołu:	Podciśnieniowy, sekcyjny
Korekcja długości narzędzia:	Czujnik automatycznej korekcji narzędzi
Typ przewodnic:	Szynowe
Narzędzia podstawowe:	Nóż, pisak
Rodzaj głowicy:	oscylacyjna
Wydajność pompy:	min. 200m ³ /h
Ciśnienie pompy:	800 mBar
Moc całkowita plotera	max 15kW

Typ urządzenia:	ZGRZEWARKA GORĄCEGO POWIETRZA
Głowica zgrzewająca:	Dysza gorącego powietrza
System docisku:	dwurolkowy
Typ rolki górnej:	silikonowa
Typ rolki dolnej:	stalowa
Prowadnica do taśmy:	wymagane
Sposób regulacji:	za pomocą panelu dotykowego
Szerokość rolek	25mm
Siła nacisku rolki:	600N
Głośność	80dB(A)
Sposób sprężania	Pompa obrotowa z wolumetrycznym kontrolerem przepływu
Sposób podawania taśmy	Od góry
Szerokość zgrzewu	8mm – 60mm
Prędkość zgrzewania	0.1 – 30.0 m/min
Min. zakres temp.	150 ⁰ C - 600 ⁰ C
Moc grzania	min 4kW
Napięcie zasilania:	230V lub 400V
Wysokość pola zgrzewania	min. 100cm
Masa:	do 300kg

8. PLAN ROZMIESZCZENIA MASZYN



9. WYMAGANIA INSTALACYJNE

Instalacja elektryczna:

Ploter frezujący:

- zasilanie trójfazowe 400V, 32A, maksymalne obciążenie 14kW

Zgrzewarka:

- zasilanie jednofazowe 230V, 16A, zasilanie trójfazowe 400V, 32A, max. obciążenie 6kW

Stacja wentylacyjno – filtracyjna 230V lub 400V , max. obciążenie 2.2kW

Instalacja sprężonego powietrza:

Ploter frezujący:

- wydajność 250 l/min

- ciśnienie 7 bar

Instalacja ogrzewania:

Zaleca się aby na okres zimowy pomieszczenie produkcyjne było ogrzewane w sposób stały lub miejscowy z utrzymaniem minimalnej temperatury 16⁰C dla bezpieczeństwa pracy maszyn i pracowników. Ogrzewanie może być miejscowe (promienniki ciepła lub nagrzewnice nadmuchowe) lub centralne o mocy grzewczej min. 6kW

Instalacja chłodzenia :

W okresie letnim maszyny mogą generować dużą ilość ciepła. Pomieszczenie należy wentylować lub chłodzić klimatyzatorem tak aby temperatura nie przekraczała 35⁰C. Dla celu chłodzenia samych maszyn zaleca się wykonie klimatyzacji miejscowej lub kanałowej o mocy min. 5kW mocy chłodniczej lub wentylacji przewietrzającej o wydajności minimum 6000m³/h. Sposób wentylacji i ogrzewania nie może powodować zwiększenia wilgotności względnej powyżej 65% bez skraplania. Wyższa wilgotność względna może uszkodzić elektronikę maszyn lub wpłynąć na ich kalibrację dlatego odradza się projektowanie klimatyzacji ewaporacyjnej i stosowanie nawilzaczy powietrza.

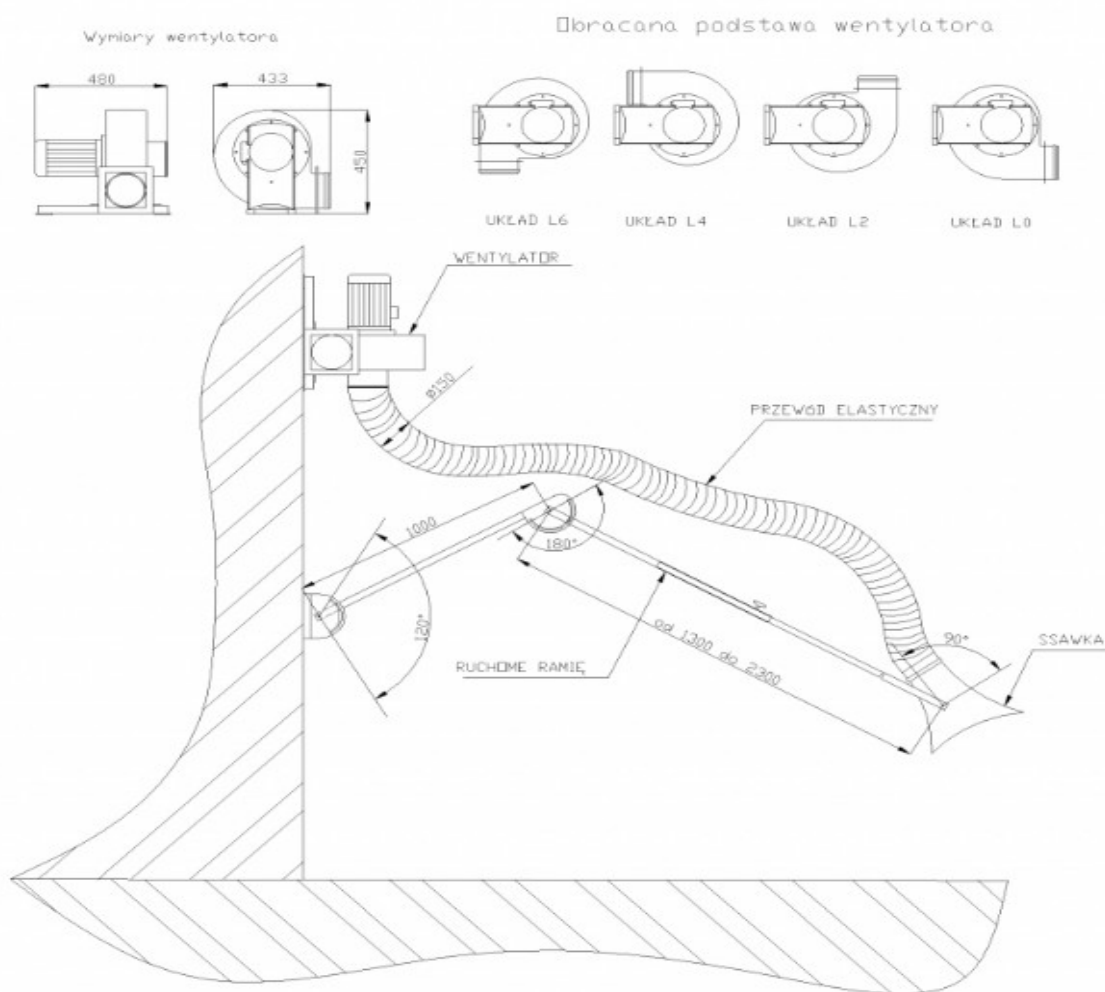
Instalacja wentylacyjna:

Wentylacja ogólna hali produkcyjnej:

- zaleca się wykonać oddzielną wentylację ogólną wywiewną dla pomieszczenia produkcyjnego o wydajności minimum 2000m³/h. Wentylację należy wykonać otworem ściennym lub kominowym. Nawiew powietrza wykonać poprzez czerpnię ścienną lub wentylator o wydajności min. +10% wydajności wentylacji wywiewnej z możliwości regulacji.

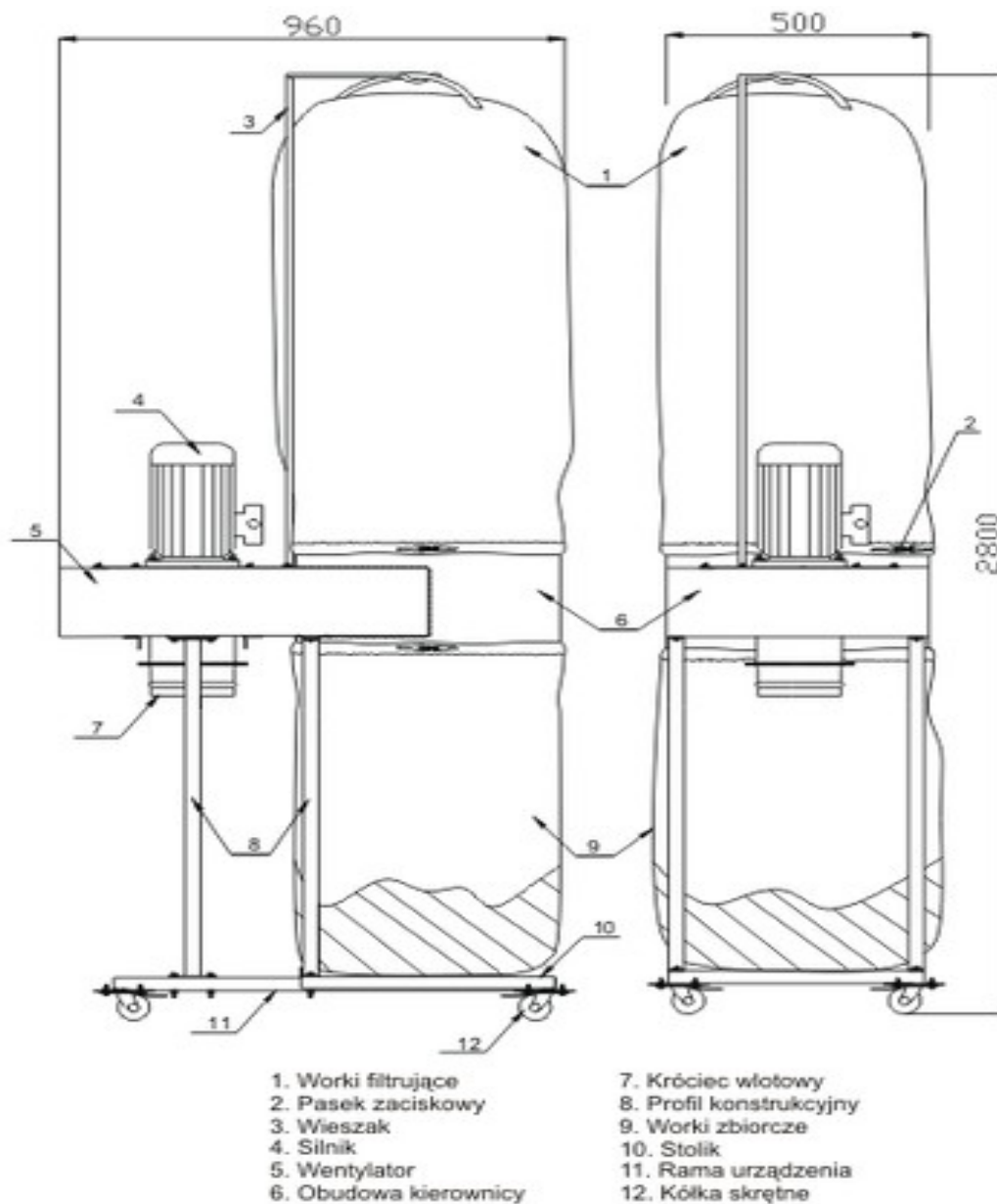
Zgrzewarka:

- odciąg miejscowy wyposażony w wentylator promieniowy współpracujący z obrotowym ramieniem odciągowym i skrętną ssawką o średnicy min. 200mm. Wydajność odciągu minimum 500m³/h . Poniżej podano przykładowy sposób montażu:



Ploter frezujący:

- stacja wentylacyjno – filtracyjna z pojemnikiem zbiorczym o króćcu przyłączeniowym min. 150mm wyposażona w filtr dokładny lub filtr dwusekcyjny. Wydajność robocza min. 1500m³/h. Poniżej przedstawiono przykładowe rozwiązanie:



Instalacja alarmowa:

Nie stwierdzona występowania stref niebezpiecznych wynikających z procesu produkcyjnego. Zaleca się jednak stworzenie systemu monitoringu i alarmowania odpowiedniego dla każdej maszyny zgodnie z technologią instalacji (wytyczne producentów). W przypadku ogrzewania na paliwo stałe lub gazowe zaleca się stosowanie czujników czadu i dymu szczególnie w obrębie magazynu surowca.

10. WPLYW INWESTYCJI NA ŚRODOWISKO

Inwestycja nie będzie mieć negatywnego wpływu na środowisko. Nie przewiduje się potrzeby przeprowadzania dodatkowego operatu oddziaływania na środowisko. Procesy technologiczne nie będą generowały powstawania gazów i dymów szkodliwych jedynie ciepło odpadowe, które w okresie zimowym Beneficjent zużyje na potrzeby własne. W procesie produkcyjnym mogą powstawać pyły lub śinki - wióra odpadowe, jednak nie będą one wpływać na zanieczyszczenie środowiska gdyż system odpylania będzie pracował w układzie zamkniętym.

11. BEZPIECZEŃSTWO I HIGIENA PRACY

Nie stwierdzono występowania stref niebezpiecznych obligujących inwestora do dodatkowych analiz bezpieczeństwa pracy. Zaleca się jedynie podjęcie czynności podstawowych wynikających z przepisów BHP:

- maszyny powinny posiadać osłony bezpieczeństwa uniemożliwiające dostęp operatorów i osób trzecich do elementów rotujących (obracające się narzędzia, turbiny) i elementów grzejnych
- personel pracujący powinien posiadać odpowiednią odzież ochronną w szczególności chroniącą przed skaleczeniem na skutek odprysków z plotera (okulary ochronne) oraz rękawice ochronne. Odzież ochronna nie może posiadać elementów wystających, które mogłyby zostać wciągnięte przez głowice i narzędzia maszyn
- należy wyznaczyć strefy bezpiecznego poruszania się
- personel pracujący powinien odbyć odpowiednie szkolenia techniczne dotyczące pracy na poszczególnych maszynach,
- personel pracujący powinien posiadać odpowiednie badania lekarskie dopuszczające go do pracy na poszczególnych maszynach
- maszyny powinny być wyposażone w Dokumentację Techniczną – Ruchowe lub Instrukcje Obsługi
- instalacje powinny być zabezpieczone zgodnie z normami branżowymi i wytycznymi producentów maszyn
- należy zapewnić odpowiednią ochronę przeciwporażeniową
- należy umieścić tablice informacyjne dotyczące wyjść ewakuacyjnych
- należy wyposażyć pomieszczenie produkcyjne w gaśnice i apteczkę pierwszej pomocy
- stanowiska pracy powinny być wyposażone w Stanowiskowe Instrukcje BHP stworzone stosownie do specyfikacji danej maszyny. Instrukcje należy umieścić w miejscach widocznych, najlepiej w kolorach jaskrawych. Przykład instrukcji pokazano poniżej:



12. ZESTAWIENIE PRÓBEK MATERIAŁÓW ZGRZEWANYCH

13. BIBLIOGRAFIA:

1. www.anmur.eu - strona beneficjenta
2. www.tworzywa.pwr.wroc.pl – strona katedry odlewnictwa, tworzyw sztucznych i automatyki Politechniki Wrocławskiej
3. <https://www.youtube.com/watch?feature=youtu.be&v=1FeA6VCsg7k&app=desktop> – film instruktażowy pokazujący modelowanie i proces zgrzewania pontonu
4. <http://ppmm.pl> –internetowy poradnik mechanika opisujący m.in. tworzenie rozwinięć
5. www.ucancam.com – strona producenta oprogramowania CAD/CAM
6. PN-EN ISO 6185-1 – norma branżowa