



Rozwiązania konstrukcyjne płóz przeznaczonych do jazdy figurowej

K. Żołyński^a, T. Tański^b

^a Studentka Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny
email: zolyniak.k@gmail.com

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Technologii Procesów Materiałowych, Zarządzania i Technik Komputerowych w Materiałoznawstwie
email: tomasz.tanski@polsl.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono przegląd najnowszych technologii wytwarzania płóz przeznaczonych do jazdy figurowej umożliwiających produkcję różnorodnej geometrii ostrza wytwarzanego z materiałów: 420C, 440C, AUS8 oraz ze stopów aluminium serii 7000. Ponadto zaprezentowano krótką historię kształtowania się geometrii płóz w trakcie poszczególnych dekad oraz materiałów stosowanych do ich produkcji. Również dokonano przeglądu najnowszych rozwiązań konstrukcyjnych wraz z przyporządkowaniem ich do poziomu zaawansowania i preferencji użytkownika tzn. rozróżniono płozy do jazdy rekreacyjnej, dla łyżwiarzy początkujących, średniozaawansowanych, zaawansowanych startujących w konkurencjach indywidualnych, osób uprawiających łyżwiarstwo w kategorii par sportowych, tańców na lodzie oraz dla zawodników trenujących łyżwiarstwo synchroniczne. Dodatkowo w pracy scharakteryzowano najpopularniejsze rodzaje ostrzy oraz sposoby ich profilowania.

Abstract: The article presents an overview of the latest manufacturing technologies runners for figure skating enabling the production of various geometry of the blade made from materials: 420C, 440C, AUS8 and aluminum alloy 7000 series. Moreover, presented tuple history of shaping the geometry of the runners during various decades and the materials used for their production. Also, an overview of the latest design solutions along with the assignment to their skill level and preferences that is, distinguished runners for recreational riding, for skaters beginners, intermediate, advanced completing in individual events, persons engaged in the category of pairs skating sports, dances on ice and competitors synchronized skating trainees. In addition, the work was characterized by the most popular types of blades and methods of profiling.

Słowa kluczowe: płozy łyżwiarskie, powłoki chromowe, profilowanie, stal węglowa, stopy aluminium

1. WPROWADZENIE

Płozy łyżwiarskie stosowane w celu przemieszczania się po lodzie są używane od ponad 5 tys. lat. Początkowo pełniły funkcję transportową i komunikacyjną. Jednakże wraz z wpływem

czasu dostrzeżono rekreacyjne zastosowanie ostrzy, co przyczyniło się do powstawania nowych dyscyplin sportowych takich, jak łyżwiarstwo figurowe, synchroniczne, szybkie. Na przestrzeni wieków geometria i materiał, z którego wytwarzano ostrza ulegały wielokrotnym modyfikacjom. Rozwój nauki, w szczególności szeroko pojmowanej inżynierii materiałowej, umożliwił dostosowanie kształtu płóz do wymagań użytkowników. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie historii płóz przeznaczonych do jazdy figurowej oraz ich najnowszych rozwiązań konstrukcyjnych wraz z podziałem na obszary zastosowań (jazda rekreacyjna, pary taneczne, zawodnicy startujący w konkurencjach indywidualnych oraz w jeździe synchronicznej), jak również charakterystyka materiału z którego są wykonywane.

2. HISTORIA PŁÓZ ŁYŻWIARSKICH

Pierwotnie płozy łyżwiarskie były wykonywane z kości zwierzęcych. Mocowano je do butów za pomocą rzemieni. Tak skonstruowane łyżwy wraz z długimi, ostro zakończonymi kijkami służyły do pokonywania dużych odległości. Najstarsze odnalezione w Polsce łyżwy pochodzą z Biskupina i są datowane na VI w p.n.e., natomiast wiek najstarszych znalezionych płóz to ponad 5 tys. lat. Na przestrzeni dekad materiał i geometria ostrzy łyżwiarskich ulegały doskonaleniu. Z czasem pierwotnie stosowane kości zwierzęce zaczęto zastępować drewnem. W XIV wieku niderlandzcy wytwórcy zbroi rozpoczęli produkcję żelaznych płóz, które początkowo umieszczano w drewnianej obudowie. Kształt pierwszych płóz znacznie odbiegał od znanego obecnie. Płozy były dłuższe, przylegały na całej długości do podłoża oraz nie posiadały ząbków z przodu. Do rozwoju produkcji łyżew przyczynili się holenderscy kowale, gdyż naturalne kanały wodne w ich kraju stanowiły idealne miejsce do przemieszczania się na łyżwach. Od średniowiecza łyżwy wykorzystywano również w celach rekreacyjnych. Także z tego okresu pochodzą pierwsze wzmianki o rozróżnieniu łyżwiarstwa figurowego i szybkiego. W 1850 roku Amerykanin E.W. Bushnell z Filadelfii po raz pierwszy wprowadził płożę w pełni wykonaną z jednego kawałka stali, przymocowaną do butów za pomocą klamer i zacisków. Kolejno baletmistrz Jackson Haines wprowadził do dotychczas sztywnej dyscypliny łyżwiarstwa figurowego płynne ruchy taneczne i muzykę, a także po raz pierwszy zaimplementował skróconą wersję płozy na stałe przymocowaną do butów, która umożliwiła większą zwrotność zawodników, a tym samym stwarza możliwość wykonywania zaawansowanych ewolucji. W 1889 roku Holendrzy po raz pierwszy zorganizowali mistrzostwa świata w łyżwiarstwie szybkim. Skonstruowali płozy o wydłużonym ostrzu, które w Polsce zwane są panczenami. Ząbki na czubkach płóz przeznaczonych do jazdy figurowej zastosowano dopiero po 1900 roku. Od 1908 roku łyżwiarstwo figurowe na stałe jest obecne na Igrzyskach Olimpijskich [3÷5].

3. STOSOWANY MATERIAŁ

Płozy łyżwiarskie przeznaczone do jazdy rekreacyjnej wykonywane są ze stali węglowej, chromowanej w procesie galwanizacji. Grubość nanoszonej warstwy wynosi do 1 mm, a jej twardość do 1000 HV. Powłoki chromowe charakteryzują się wysoką odpornością na ścieranie oraz znacznie poprawiają odporność korozyjną materiału ze względu na własności pasywne chromu. Pełnią funkcję estetyczną zapewniając dużą gładkość i lustrzany połysk ostrza. Ponadto cechują się obniżonym współczynnikiem tarcia względem materiału podłoża, a także dobrą przewodnością cieplną, która ma istotne znaczenie podczas wykonywania ślizgu [1]. Jeżeli chcemy, aby płoza ślizgała się płynnie po lodzie musi się on stopić na skutek nacisku

wywieranego w trakcie jazdy, a więc musi otrzymać pewną ilość energii przekazaną od łyżwiarza. Podczas stania w łyżwach na lodzie ciężar ciała rozkłada się na stosunkowo niewielką powierzchnię kontaktu ostrzy z lodem, czego skutkiem jest wywierany nacisk na lód ze względnie dużą siłą. W wyniku tego lód pod płozami ulega stopieniu tworząc cieniutką warstwę wody, która staje się środkiem poślizgowym pomiędzy ostrzem, a lodem, ponieważ zmniejsza tarcie łyżew o lód umożliwiając tym samym poruszanie się użytkownika łyżew po lodzie. Warto także nadmienić, że metal jako dobry przewodnik ciepła sprzyja powstawaniu warstewki wody pod łyżwą. Ostrza dla zaawansowanych łyżwiarzy produkowane są ze stali nierdzewnej 420C, 440C bądź AUS8 zapewniającej uzyskanie wysokiej wytrzymałości, która nadaje odpowiednią sztywność ostrzu i zapobiega trwałej deformacji krawędzi tnącej po ustąpieniu obciążeń powodujących odkształcenie. Ponadto stale te pozwalają na uzyskanie wysokiej twardości oraz udarność. Wymaga to trafienia w pik udarnośći podczas obróbki cieplnej, gdyż jest to miejsce na wykresie przyrostu twardości dla którego przy stosunkowo wysokiej twardości uzyskuje się jeszcze wyższą udarność, która zapobiega pęknięciom i wykruszeniom mogącym powstać w wyniku obciążeń dynamicznych generowanych podczas lądowania zawodnika ze skoków [6]. Stal 420C posiada najniższą zawartość węgla ($0,4\div 0,5\%$) w stosunku do innych klasycznych stali nierdzewnych. Charakteryzuje się wysoką odpornością korozyjną, wysoką udarnością oraz niskimi kosztami obróbki. Jest hartowana w przedziale $54\div 57$ HRC. Dla stali 440C zawartość procentowa węgla mieści się w przedziale $0,95\div 1,2\%$. Stal ta hartowana jest do twardości $57\div 59$ HRC. Przy zastosowaniu zaawansowanej obróbki termicznej może osiągnąć parametry bliskie stali ATS – 34/154 CM przewyższając ją odpornością na korozję. Natomiast stal AUS8 to japoński odpowiednik stali 440A/440B. Zastosowano w niej niewielki dodatek wanadu, który pozytywnie wpływa na jednorodność struktury krystalicznej materiału. Wanad wprowadzony w większych stężeniach znacznie poprawia odporność ostrza na ścieranie. Zawartość węgla w stali AUS8 mieści się w zakresie $0,7\div 0,75\%$ [1÷3]. Skład chemiczny omawianych stali przedstawiono w tabelicy 1. Dodatkowo aby zminimalizować masę płozy zastosowano aluminium lotnicze serii 7000 oraz liczne wycięcia w części mocującej. W ten sposób obniżono masę ostrza nawet o 33%.

Tablica 1. Skład chemiczny stali stosowanych na płozy łyżwiarskie [8]

Table 1. The chemical composition of the steel used for skating skids [8]

	%C	%Mn	%Si	%Cr	%Ni	%V	%Mo
420C	$0,15\div 0,35$	1,00		$12,00\div 14,00$			
440C	1,20	1,00	1,00	18,00			0,75
AUS8	$0,70\div 0,75$	0,50	1,00	$13,00\div 14,50$	0,49	$0,10\div 0,25$	$0,10\div 0,30$

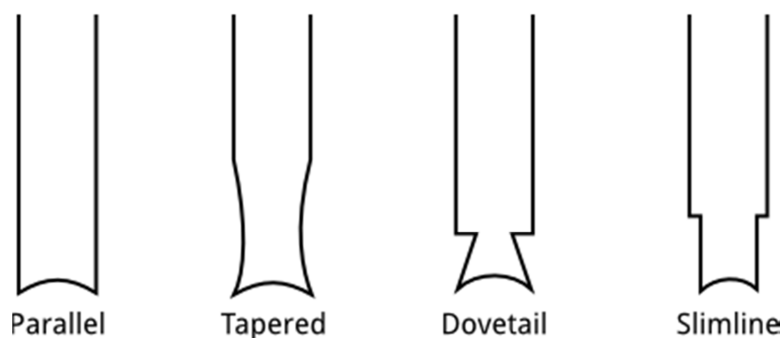
4. BUDOWA I RODZAJE PŁÓZ ŁYŻWIARSKICH

W budowie płozy wyróżnić należy trzy zasadnicze części:

- przód płozy – w łyżwach przeznaczonych do jazdy figurowej część ta zawiera ząbki, które wykorzystywane są przy wykonywaniu skoków oraz niektórych elementów z sekwencji kroczków. W tzw. hokejówkach fragment ten odpowiada za wykonywanie szybkich ślizgów, potrzebnych przy nagłym przyspieszeniu i stanowi 20% długości płozy.
- środkowa część płozy – element ten umożliwia wykonywanie dłuższych poślizgów oraz wspomaga jazdę tyłem. Daje zawodnikowi poczucie równowagi, gdyż w tej części znajduje się środek ciężkości. Stanowi 60% długości płozy.

- tylna część płozy – umożliwia jazdę tyłem, zmianę kierunku, wspomaga balansowanie ciałem, jest odpowiedzialna za bezpieczne hamowanie. Stanowi 20% długości płozy [8].

Płozy zostały sklasyfikowane według czterech grup (rys. 1). Ostrza typu *parallel* są najpopularniejsze. Posiadają jednakową szerokość na całej długości. Wykorzystywane są do jazdy rekreacyjnej. W płozach typu *tapered* zastosowano boczne wgłębienia zwiększające kąt nachylenia krawędzi względem lodu. Rozwiązanie to pozwala na wykonywanie głębokich łuków podczas jazdy oraz zwiększa zwrotność łyżwy przyczyniając się równocześnie do obniżenia jej masy. Płozą typu *dovetail* posiada te same własności co ostrze *tapered*, jednak z tą różnicą, że wgłębienia są większe, co pozwala na znaczną redukcję masy. Ostrze *slimline* jest przeznaczone do tańców na lodzie. Charakteryzuje się mniejszą szerokością ostrza na całej długości od pozostałych płóz umożliwiającą szybkie i łatwe zmiany krawędzi, dzięki czemu uzyskuje się większą zwrotność podczas jazdy.



Rysunek 1. Rodzaje płóz łyżwiarskich [7]

Figure 1. Types of skids skating [7]

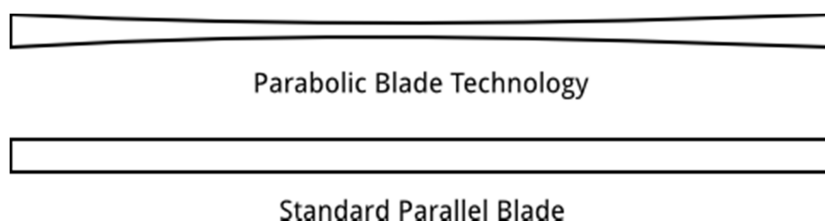
5. TECHNOLOGIA WYTWARZANIA PŁÓZ

Najnowsze płozy łyżwiarskie są wykonywane technologią Matrix opracowaną przez firmę Ultima. Płozy wykonane tą techniką są lżejsze do 33% od tradycyjnych odpowiedników ze względu na zastosowanie aluminium lotniczego serii 7000 w części mocującej. Z uwagi na niższą masę łyżew rozwiązanie to pozwala zredukować zmęczenie zawodnika przez co następuje poprawa wydajności treningu. Część mocująca wykonana tą metodą zrobiona jest z jednego kawałka materiału co wpływa na poprawę sztywności płozy i cichszą jazdę. Część jezdna łyżew w technologii Matrix została na stałe przymocowana do części mocującej za pomocą trzech śrub. Na górnej, tylnej części płozy został umieszczony dodatkowy fragment ze stali nierdzewnej, który chroni tył ostrza przed uszkodzeniami.

Technologia Parabolic pozwala na uzyskanie płozy zwężanej w środkowej części (rys. 2). Dzięki temu uzyskuje się dodatkową redukcję masy oraz łatwość wykonywania kroczków oraz skoków krawędziowych (axel, salchow, rittberger). Zwężenie płozy w jej środkowej części umożliwia wykonywanie dokładniejszych obrotów, szybszych odskoków oraz bardziej precyzyjnych lądowań [7].

Technologią K-Pick uzyskuje się dodatkowe dwa rzędy ząbków po bokach właściwych (rys. 3), których zadaniem jest utrzymanie większej stabilności w takich skokach, jak flip czy

lutz. Rozwiązanie to pomaga zawodnikowi uzyskać precyzyjniejszy odskok, co przekłada się na długość i wysokość skoku oraz pewniejsze lądowanie. Wadą umieszczenia dodatkowej pary ząbków jest zwiększenie masy płozy oraz trudność w opanowaniu łyżwy [7]. Rozwiązanie to kosztowniejsze od tradycyjnego nie przekłada się na uzyskanie korzystniejszych wyników przez łyżwiarzy, dlatego nie przyjęło się na stałe w łyżwiarstwie figurowym i jest wybierane tylko przez nielicznych zawodników.



Rysunek 2. Porównanie płozy wykonanej technologią tradycyjną i paraboli [7]
Figure 2. Comparison runners performed traditional technology and parabolic [7]

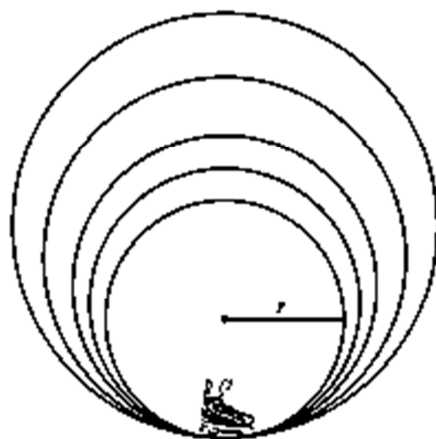


Rysunek 3. Ząbki wykonane technologią K-Pick [7]
Figure 3. Cloves made by K-Pick [7]

6. PROFILOWANIE PŁOZY

Wycinek okręgu tworzący łuk płozy będący w stałym kontakcie z lodem to profil płozy (rys. 4). Tradycyjne płozy najczęściej profiluje się na okręgu o średnicy 9÷10 stóp (2,74÷3,04 m). W przypadku zmniejszenia okręgu np. do 7 stóp (2,13 m) uzyskuje się bardziej zaokrąglone ostrze oraz mniejszą powierzchnię styku z lodem, co umożliwia łatwiejsze wykonywanie zwrotów, wymuszając jednak na zawodniku zachowanie większej ostrożności oraz ponadprzeciętnych umiejętności utrzymania równowagi. Zwiększenie promienia okręgu daje natomiast poczucie stabilności, gdyż większa powierzchnia płozy jest w kontakcie z lodem.

Dodatkowo dzięki wydłużonej części jezdnej zawodnik ma możliwość wykonywania dłuższego i szybszego ślizgu [8].



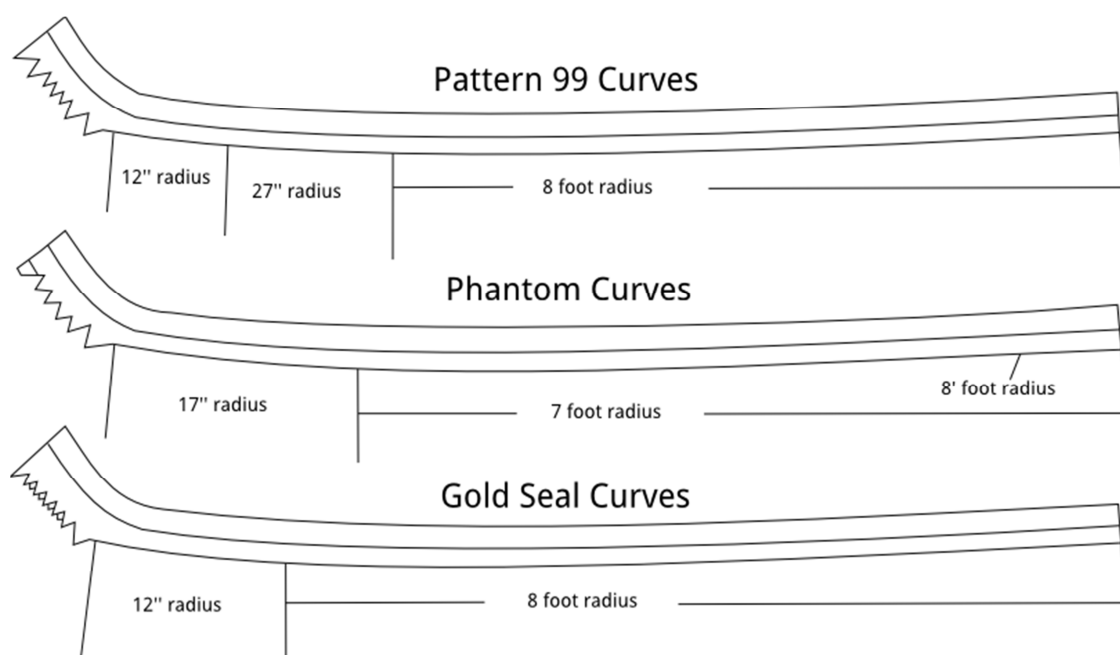
Rysunek 4. Przykładowe okręgi profilowania płozy [9]

Figure 4. Sample districts profiling skids [9]

Zasadniczym elementem profilowania jest odpowiednie umiejscowienie środka ciężkości płozy tzw. punktu środkowego łyżwy. Jest to miejsce, gdzie masa łyżwiarza jest zrównoważona na całej długości ostrza, czyli to punkt, w którym przyłożona jest wypadkowa siła ciężkości zawodnika. Wyróżniamy trzy rodzaje umiejscowienia punktu środkowego ostrza:

- punkt +1 – punkt środkowy przesunięty w kierunku przedniej części płozy – wysokość ostrza z przodu jest mniejsza, co wymusza na zawodniku jazdę w pozycji pochylonej do przodu. Postawa taka umożliwi osiągnięcie większych wartości przyspieszeń, ponieważ ciężar jest równoważony na palcach w łyżwie. Ta koncepcja jest stosowana w wysokiej klasy płozach przeznaczonych do jazdy szybkiej oraz w płozach hokejowych;
- punkt 0 – punkt neutralny zlokalizowany na środku płozy – przy płaskim ułożeniu stóp takie profilowanie umożliwi na zlokalizowanie środka ciężkości na środku ostrza. To rozwiązanie jest stosowane w większości rodzaju łyżew przeznaczonych do jazdy rekreacyjnej oraz figurowej;
- punkt -1 – punkt środkowy przesunięty w kierunku tylnej części płozy – wysokość ostrza z tyłu jest mniejsza, co wymusza na zawodniku jazdę w pozycji odchylonej do tyłu. Profilowanie -1 może być stosowane w płozach przeznaczonych dla wysokiej klasy łyżwiarzy. Nie jest jednak zalecane i w przypadku jego wystąpienia jest uważane za wadę fabryczną, jeśli nie było wykonane na specjalne zamówienie klienta [9].

Wśród ostrzy przeznaczonych dla wysokiej klasy zawodników łyżwiarstwa figurowego wyróżnia się trzy sposoby profilowania przedniej części płozy (rys. 5). Wybór odpowiedniego profilu jest uwarunkowany przede wszystkim umiejętnościami i preferencjami danego zawodnika. Zaleca się, aby kontynuować naukę jazdy na ostrzach jednego typu profilu, ponieważ przejście na inny jest bardzo trudne i wymaga nauki niektórych elementów (np. piruety) od podstaw [7].



Rysunek 5. Rodzaje profilowania płóz łyżwiarskich [7]

Figure 5. Profiling methods skating skids [7]




7. PRZEGLĄD ROZWIĄZAŃ KONSTRUKCYJNYCH

Najnowsze rozwiązania konstrukcyjne płóz łyżwiarskich firmy Ultima wraz z obszarem zastosowań (jazda rekreacyjna, synchroniczna, tańce na lodzie) oraz opisem przedstawiono w tablicy 2.

Tablica.2. Rozwiązania konstrukcyjne płóz łyżwiarskich firmy Ultima [10]

Table 2. Design solutions company Ultima skating skids [10]

Nazwa	Kształt	Opis	Cena
Ultima Aspire		Płozą przeznaczoną do jazdy rekreacyjnej dla początkujących łyżwiarzy. Posiada standardową długość części jezdnej z nałożoną powłoką chromową oraz prosto wycięte ząbki.	370 zł

<p>Ultima Legacy</p>	 <p>The image shows the Ultima Legacy ice skate blade. It features a long, curved blade with a cross-hatched pattern on the top surface. A circular inset provides a magnified view of the blade's teeth, showing a series of sharp, pointed edges. The blade is mounted on a silver-colored metal holder with a heel stop and a toe stop.</p>	<p>Płoza przeznaczona do jazdy dowolnej dla średniozaawansowanych łyżwiarzy (wykonywanie wszystkich skoków podwójnych oraz piruetów) o standardowej długości tylnej części jezdnej. Posiada krzyżowo wycięte ząbki oraz nałożoną powłokę chromową.</p>	<p>590 zł</p>
<p>Ultima Finesse</p>	 <p>The image shows the Ultima Finesse ice skate blade. It has a shorter, more compact design than the Legacy model. The blade is silver-colored with a cross-hatched pattern on the top surface. A circular inset shows a magnified view of the blade's teeth, which are straight and pointed. The blade is mounted on a silver-colored metal holder with a heel stop and a toe stop.</p>	<p>Płoza przeznaczona dla średniozaawansowanych zawodników startujących w konkurencji tańców na lodzie oraz dla łyżwiarzy synchronicznych. Posiada krótszą tylną część jezdną, nałożoną powłokę chromową oraz prosto wycięte ząbki.</p>	<p>590 zł</p>
<p>Ultima Lite</p>	 <p>The image shows the Ultima Lite ice skate blade. It features a shorter, more compact design than the Legacy model. The blade is silver-colored with a cross-hatched pattern on the top surface. A circular inset provides a magnified view of the blade's teeth, showing a series of sharp, pointed edges. The blade is mounted on a silver-colored metal holder with a heel stop and a toe stop.</p>	<p>Płoza posiada krótszą tylną część jezdną i jest przeznaczona do tańców na lodzie. Wycięcia w płozie zastosowano w celu zmniejszenia wagi ostrza. Płoza posiada krzyżowo wycięte ząbki oraz wzmocnione krawędzie wykonane technologią E-X-T. Ostrze zostało zwężone na całej długości w celu umożliwienia uzyskania większego poślizgu i prędkości.</p>	<p>605 zł</p>

<p>Ultima Matrix 2 Elite</p>		<p>Profil płozy przeznaczony dla zaawansowanych zawodników startujących w konkurencji jazdy dowolnej oraz dla par sportowych. Ostrze posiada standardową długość tylnej części jezdnej oraz prosto wycięte ząbki. Dzięki zastosowaniu aluminium lotniczego serii 7000 płoza jest o 33% lżejsza o swojego tradycyjnego odpowiednika Ultima Elite.</p>	<p>1640 zł</p>
--------------------------------------	---	--	----------------

8. WNIOSKI

Wzrost zainteresowania łyżwiarstwem figurowym na przestrzeni ostatnich lat przyczynił się do poszukiwania nowych rozwiązań konstrukcyjnych płóz łyżwiarskich ułatwiających realizację wymagającego, wieloletniego treningu. Rozwój inżynierii materiałowej pozwolił na zastosowanie najnowszych materiałów znacznie redukujących masę ostrza. Płozy dla zaawansowanych zawodników wykonuje się ze stali 420C, 440C, AUS8 oraz ze stopów aluminium serii 7000. Powłoki chromowe są stosowane w celu ochrony płozy przed korozją oraz zmniejszenia współczynnika tarcia podczas wykonywania ślizgu. Dodatkowo pełnią rolę dekoracyjną, a także chronią ostrza przed zarysowaniem. Różnorodną geometrię płóz uzyskuje się na drodze technologii: Matrix, Parabolic, K-Pick. Rozwiązanie techniczne E-X-T pozwala zwiększyć żywotność ostrza poprzez wzmocnienie jego krawędzi. W zależności od umiejętności i upodobań zawodnika wyróżniamy trzy sposoby profilowania płozy oraz trzy sposoby umiejscowienia środkowego punktu ciężkości: +1, 0, -1.

LITERATURA

1. A. Posmyk, Warstwy powierzchniowe aluminiowych tworzyw konstrukcyjnych, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2010.
2. L.A. Dobrzański, Metalowe materiały inżynierskie, WNT, Warszawa, 2004.
3. S. J. Skrzypek, K. Przybyłowicz, Inżynieria metali i ich stopów, Wydawnictwo AGH, Kraków, 2012.
4. strona internetowa: <http://www.sportowarodzina.pl/index.php/sportowa-czytelnia/ciekawostki/od-koscianych-do-stalowych-skad-sie-wziely-lyzwy.html>
5. strona internetowa: <http://lyzwyszybkie.republika.pl/historialyzw.htm>

6. strona internetowa: <http://www.google.com/culturalinstitute/exhibit/%C5%82y%C5%BC%20wiarstwo-na-przestrzeni-dziej%C3%B3w/agKiDEoMsFmgKA?hl=pl&position=3%2C0>
7. strona internetowa: <http://sklep-spin.pl/oferta/plozy-paramount/>
8. strona internetowa: <http://www.folnex.pl/dokumentacja.htm>
9. strona internetowa: <http://icemaster.pl/profilowanie>
10. strona internetowa: <http://edge.shop.pl/lyzwy/ultima/35-ultima-aspire.html>