

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie
Wydział Technologii Drewna

Bartosz Wojenka
Numer albumu 192745

Proces technologiczny drewnianej
gitary akustycznej
Technological process of wooden acoustic guitar

Praca dyplomowa inżynierska
na kierunku technologia drewna

Praca wykonana pod kierunkiem
Dr hab. inż. Marcina Zbiecia
Wydział Technologii Drewna SGGW w Warszawie
Katedra Technologii i Przedsiębiorczości w Przemśle Drzewnym

Warszawa, 2021 rok

Oświadczenie promotora pracy

Oświadczam, że niniejsza praca została przygotowana pod moim kierunkiem i stwierdzam, że spełnia warunki do przedstawienia tej pracy w postępowaniu o nadanie tytułu zawodowego.

Data

Podpis promotora pracy

Oświadczenie autora pracy

Świadom odpowiedzialności prawnej, w tym odpowiedzialności karnej za złożenie fałszywego oświadczenia, oświadczam, że niniejsza praca dyplomowa została napisana przeze mnie samodzielnie i nie zawiera treści uzyskanych w sposób niezgodny z obowiązującymi przepisami prawa, w szczególności ustawą z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. Nr 90 poz. 631 z późn. zm.)

Oświadczam, że przedstawiona praca nie była wcześniej podstawą żadnej procedury związanej z nadaniem dyplomu lub uzyskaniem tytułu zawodowego.

Oświadczam, że niniejsza wersja pracy jest identyczna z załączoną wersją elektroniczną. Przyjmuję do wiadomości, że praca dyplomowa poddana zostanie procedurze antyplagiatowej.

Data

Podpis autora pracy

Streszczenie

Proces technologiczny drewnianej gitary akustycznej

W pracy ujęto projekt budowy gitary akustycznej wykonanej z drewna. Projekt objął wykonanie modelu w oprogramowaniu CAD (Autodesk Fusion360), na podstawie którego przygotowano dokumentację technologiczną instrumentu w postaci procesu technologicznego oraz rysunków wykonawczych. Praca zakłada także przybliżenie ewolucji rozwiązań konstrukcyjnych stosowanych przy budowie gitar akustycznych w oparciu o dane literaturowe i analizę rynku. W niniejszym opracowaniu przedstawiona została również geneza kształtowania się gitary akustycznej wraz z rozwojem sztuki lutniczej na przestrzeni wieków.

Słowa kluczowe – gitara, akustyczna, drewno, dokumentacja, proces, geneza

Summary

Technological process of wooden acoustic guitar

The paper presents a project of building wooden acoustic guitar. Project includes development of a model of the instrument in CAD software (Autodesk Fusion360), on the basis of which the technological documentation of the instrument was prepared in the form of a technological process and working drawings. The thesis also assumes presents evolution of design solutions used in the construction of acoustic guitars based on literature data and market analysis. This study also presents the genesis of the formation of the acoustic guitar along with the development of the art of violin-making over the centuries.

Keywords – guitar, acoustic, wood, documentation, process, genesis

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	8
2. Cel i zakres pracy	9
3. Przegląd literatury	10
3.1. Geneza gitary akustycznej	10
3.2. Lutnictwo. Rzemiosło sztuki i nauki	16
3.3. Podstawowe informacje teoretyczne o dźwięku i akustyce drewna	17
3.4. Dobór materiału przeznaczonego na konstrukcje gitar akustycznych	25
3.5. Organizacja produkcji	27
3.6. Analiza rozwiązań konstrukcji drewnianych gitar akustycznych w oparciu o rynek branży gitarowej	29
3.6.1. Korpus gitary akustycznej	29
3.6.2. Szyjka gitary akustycznej	33
4. Projekt	36
4.1. Założenia konstrukcyjne	36
4.2. Dokumentacja technologiczna	48
4.2.1. Rysunki wykonawcze	49
4.2.2. Karty technologiczne	62
5. Bibliografia	107

1. WSTĘP

Historia pierwszych instrumentów strunowych jest dość niejasna, a zachowane informacje sięgają kultur wywodzących się ze starożytnej Azji oraz terenów Afryki. Ubogość wczesnych źródeł wynika z faktu, iż owe instrumenty tworzone z drewna lub organów zwierzęcych takich jak pęcherze, a więc materiałów nietrwałych. Można zatem wysnuć twierdzenie, że drewno jako materiał konstrukcyjny instrumentów strunowych było stosowane przez ludzkość od niepamiętnych czasów.

Obecnie, dzięki wielusetletniemu kunsztowi ręcznej sztuki wytwarzania instrumentów przez mistrzów, rzemieślników i lutników, przemysł drzewny zaczął swoją gałąź w przemyśle instrumentów muzycznych. Drewno z racji na swoje właściwości rezonansowe jest niezwykle potrzebnym i selekcionowanym surowcem w produkcji instrumentów.

Gitara akustyczna, będąca istotą niniejszej pracy, jest przełomowym wynalazkiem sztuki lutniczej, który znalazł bardzo szerokie zastosowanie w muzyce rozrywkowej oraz znacząco przyczynił się do jej rozwoju w charakterze przemysłowym.

Mimo powstawania nowych rozwiązań konstrukcyjnych w świecie gitar, w tym coraz powszechniejszego stosowania syntetycznych kompozytów, zapotrzebowanie na produkcję drewnianych gitar akustycznych jest wciąż ogromne. Rynek producentów gitar nie ogranicza się do kilku dużych producentów, a konsumenci, mimo postępu przemysłowego, wciąż tworzą widoczny popyt na gitary wykonywane w tradycyjny, rzemieślniczy sposób.

Inspiracją do opisania zagadnień związanych z powstawaniem gitar akustycznych było przede wszystkim to, że gitara akustyczna charakteryzuje się najbardziej przemyślaną konstrukcją spośród gitar wyposażonych w pudła rezonansowe, a proces jej wytwarzania wymaga maksymalnego wzmocnienia delikatnej, drewnianej konstrukcji. Niewątpliwie, temat gitar akustycznych, ich historii i zasad konstruowania kształtowanych przez wieki jest godny opisu i wart zebrania w jednym miejscu ciekawych informacji zaczerpniętych z obszernej, choć niezbyt uporządkowanej literatury.

2. CEL I ZAKRES PRACY

Celem pracy jest przygotowanie dokumentacji technologicznej procesu produkcji drewnianej gitary akustycznej, poprzez wykonanie modelu w oprogramowaniu CAD – Autodesk Fusion360, na podstawie którego przygotowane zostaną rysunki wykonawcze oraz proces technologiczny.

Praca zakłada także przegląd literatury na temat ewolucji rozwiązań konstrukcyjnych w produkcji gitar akustycznych, akustyki drewna oraz historii powstawania opisywanego instrumentu wraz z rozwojem sztuki lutniczej na przestrzeni wieków, aż po czasy teraźniejsze.

3. PRZEGLĄD LITERATURY

Niniejsza część pracy zawiera informacje nt. genezy opisywanego instrumentu oraz historii rozwoju lutnictwa. Ponadto zostały uwzględnione informacje na temat powstawania dźwięku i zasady działania gitary akustycznej. Rozwinięto również temat drewna rezonansowego i dokonano analizy konstrukcji różnych rodzajów gitar akustycznych.

3.1. Geneza gitary akustycznej

Powstanie pierwszych instrumentów muzycznych można przypisać naszym prehistorycznym przodkom, kiedy cywilizacja w naturalnym dla niej pędzie rozwoju poczuwała się do coraz ambitniejszych form ekspresji swoich doznań. Ciągłe odkrywane podstawowe prawa fizyki pozwalały na konstruowanie prymitywnych instrumentów muzycznych. Według źródeł historycznych, bazowym instrumentem strunowym był łuk myśliwski, z którego dźwięki o różnej wysokości wydobywano dzięki możliwości zmiany napięcia cięciwy poprzez naginanie jego ramion.

Wyposażenie konstrukcji łuku myśliwskiego w komorę rezonansową, najczęściej w postaci tykwy, skutkowało urozmaicheniem i wzmocnieniem dźwięku instrumentu, w efekcie czego tak powstał pierwotny wzór szyjkowego, szarpanego instrumentu strunowego zwanego łukiem muzycznym. [Góralski, 1996]

Do dziś można spotkać rdzenne ludy Południowej Afryki czy Ameryki Południowej, które znalazły się na tym kontynencie w wyniku handlu niewolnikami na przestrzeni wieków, gdzie wciąż kultywowana jest tradycja gry na tym pierwotnym instrumencie. [Przedpełska-Bieniek, 2011]



Rys. 1. Łuk muzyczny z komorą rezonansową (music.africamuseum.be)

Wraz z upływem lat do konstrukcji łuku muzycznego zaczęto dodawać struny o niejednakowej grubości, modernizowano szyjkę poprzez dołożenie mechanizmów zaczepienia i regulacji napięcia strun, a w chwytnej szyjki mocowano progi odpowiadające

za precyzyjne i powtarzalne skracanie długości struny. Ewolucja prostego łuku była wzorcem, według którego starożytni Persowie, Grecy oraz Egipcjanie konstruowali, jak na tamte czasy, nowoczesne i zaspokajające potrzeby kitary, lutnie i liry. [Góralski, 1996]

Powstanie gitary określa się na około 3000 lat p.n.e.. Przyjęte nazewnictwo i forma instrumentu najpewniej wywodzą się z perskiego *sitaru*, nazywanego przez Chaldejczyków *gitarą* już w VI w. p.n.e., a ta zawędrowała do Europy w średniowieczu dzięki hinduskim Cyganom. W Grecji wówczas popularna była ichniejsza gitara, jednak w porównaniu do perskiej odmiany instrumentu bardziej można przyrównać ją do liry. Cesarstwo rzymskie opiewało w dźwięki *cithar* jednak po upadku imperium w V w. n.e. zaczęły pojawiać się instrumenty z różnych zakątków Europy, które miały duży wpływ na ewolucję *cithary*. Od XIII do XIV w. Arabowie, przez szlak handlowy, zakorzenili instrument na hiszpańskich ziemiach i przybrał nazwę *guitarra*, a nieco bliżej - w Anglii używano wówczas instrumentu zwanego *Gittern*, którego szkielet zbudowany był z jednego kawałka drewna. Nieco później w Hiszpanii, kiedy nastał renesans, grano również na *vihueli*, czyli instrumencie przypominającym gitarę, ale o stroju lutni. [Przedpeńska-Bieniek, 2011]



Rys. 2. Giterna pochodząca z XIV. wieku (caslabs.case.edu)



Rys. 3. Anioł grający na *vihueli a mano*, fragment ołtarza, Girolamo dai Libri
(pl.wikipedia.org)

Po sprowadzeniu gitary do Hiszpanii przez Maurów, instrument szybko rozpowszechnił się w sąsiednich krajach również dzięki szlakom handlowych. Można

zauważyć, że instrumenty gitarowe bardzo przypodobały się Europejczykom, a w Hiszpanii zakorzeniły się tak mocno, że do dziś traktuje się je jako instrument narodowy - z tego faktu "hiszpańskie gitary" po dziś dzień są uznawane za jedne z najlepszych na świecie. [Góralski, 1996]

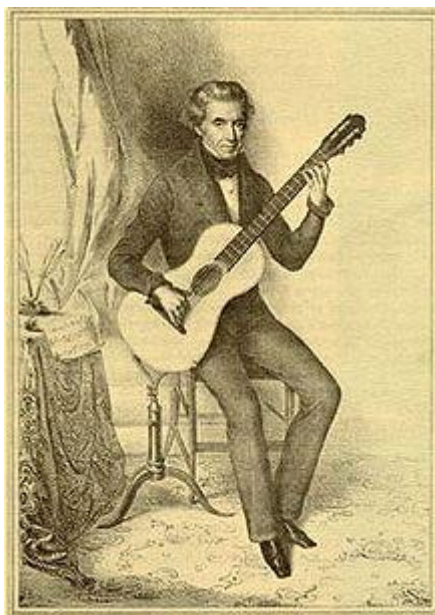
Pierwsze wzmianki o gitarze w dziełach literackich pochodzą z XIII wieku, kiedy Juan Gil of Zamora wspominał o niej w swoim utworze *Ars Musica* w 1265 roku. Johannes Tinctoris w 1487 roku opisał gitarę jako niewielki, czterostrunowy instrument wynaleziony przez Katalończyków, a pierwszy zapis nutowy dedykowany czterostrunowej gitarze udokumentowany został kiedy 7 grudnia 1546 roku w Sewilli wydano "Tres libros de música en cifra para vihuela" autorstwa hiszpańskiego kompozytora i vihuelisty Alonso Mudarry. [Serrano, 2008] W połowie XVI wieku pojawiła się również gitara pięciostrunowa stworzona przez Vincente'go Espinela, a wraz z nią zapis muzyki dla tego instrumentu.

Wiek XVII traktuje się jako okres, w którym gitara szczyła się już większym uznaniem od powszechnie wykorzystywanej wcześniej lutni. Duże znaczenie dla tego faktu miał wydany w 1674 roku "Guitarre Royal" Corbetta napisany z dedykacją Ludwikowi XIV. Dominującą rolę nad innymi instrumentami gitara zaczęła przejmować w okresie XVIII oraz XIX wieku w Hiszpanii, a także we Włoszech. Przez potrzeby bogatszej ekspresji gitara w tamtym okresie została wyposażona w szóstą strunę. XIX wiek był czasem, w którym instrument rozwijał się najprężniej, co zaowocowało powstaniem wielu ciekawych, choć niekiedy słabo przyjętych konstrukcji jak *gitara lirowa* (inspirowana wyglądem liry greckiej) czy *gitara laska* (wyposażona w cztery struny i nie posiadająca pudła). [Przedpelska-Bieniek, 2011] Konstrukcje różniły się przede wszystkim rozmiarami, kształtem, brzmieniem, a także były wzbogacane o elementy zapożyczone od innych instrumentów strunowych. [Góralski, 1996]

Przełom niniejszych stuleci stanowił również bardzo płodny okres dla artystów związanych z gitarą. Wielki Fernando Sor, iberyjski artysta, stworzył ważne wówczas dla świata muzyki kompozycje, przyczyniając się do rozprzestrzeniania mody na gitarę w całej niegdyśjszej Europie, a ta dotarła nawet w najgłębsze obszary Rosji. [Góralski, 1996] Do historii wartej uznania swoje trzy grosze w tamtych latach dołożyli mistrzowie sztuki lutniczej tacy jak Antonio Stradivari oraz Louis Panormo z Włoch i Rene Lacote z Francji, którzy stworzyli udane i ciepło przyjęte wtedy modele gitar. [Góralski, 1996]

Przełomowym wydarzeniem, którego skutki widać po dziś dzień, było zbudowanie serii gitar klasycznych przez hiszpańskiego mistrza Antoniego de Torresa na zarzewiu

XIX wieku, które wyznaczyły kanon wymiarów, materiałów i proporcji gitar obowiązujący po dziś dzień. [Góralski, 1996]



Rys. 4. Dionisio Aguado z gitarą produkcji Torresa, XIX w.
(gildeavalleguitars.wordpress.com)

Wraz z rosnącą popularnością instrumentu pojawili się kontynuatorzy dzieła Torresa. Ówczesnie były to głównie rodziny z długoletnią tradycją lutniczą, a wśród nich można wyróżnić takie nazwiska jak Ramirez, Hauser i Bouchet, a także wiele innych. [Góralski, 1996] Gitara klasyczna wiodła prym instrumentu salonowego jedynie do drugiej połowy XIX wieku, kiedy wyparł ją zyskujący na uznaniu fortepian. [Przedpełska-Bieniek, 2011]

XIX wiek był czasem, w którym ludzie masowo emigrowali do Ameryki, a wraz z nimi trafiły tam również gitary klasyczne. To właśnie w XIX wiekowej Ameryce George Washburn, Christian Martin i Orville Gibson przyczynili się do kolejnego wielkiego kroku w gitarowej historii modyfikując stopniowo klasyczną konstrukcję instrumentu, konsekwencją czego było powstanie nowej konstrukcji nazwanej później gitarą akustyczną. [Góralski, 1996] Powstanie gitary akustycznej podyktowane było potrzebą nagłośnienia instrumentu, zatem główną cechą różniącą gitarę akustyczną od klasycznej jest stosowanie metalowych strun. Struny wykonane z metalu potrzebują większej siły naciągu niż struny jelitowe czy nylonowe, więc obligatoryjnie należało zwiększyć wytrzymałość konstrukcji gitary, a najbardziej gryfu. Pierwotnym pomysłem był stalowy teownik zamontowany w osi gryfu pod podstrunnicą, jednak z biegiem czasu wyparł go z użycia pręt napinający, który pozwalał precyzyjną regulację siły napięcia. Takie rozwiązanie pozwoliło wdrożyć

do użytku komplety strun metalowych o różnej grubości, przez co w jednym instrumencie dzięki odpowiedniemu ustawieniu można było stosować zamiennie komplety strun o różnej sile naciągu. Występowanie większej siły naciągu wymusiło w konstrukcji gitary wzmocnienie płyty wierzchniej przez producentów poprzez przeprojektowanie uźebrowania i mocowania strun na mostku. Zmiany dotknęły również wielkości pudła rezonansowego. W celu zwiększenia wygody gry na instrumencie gryf gitary został zwężony i wydłużony, a podstrunnicy nadano delikatny promień zaoblania. [Błaś, Templin 2008] Dziś pudło rezonansowe mogłoby być płaskie (flat-top) z gryfem wklejonym równolegle do tejże płyty jak w przypadku gitary klasycznej, ale mogłoby być również wypukłe (arch top) z gryfem mocowanym pod kątem jak w przypadku skrzypiec. Późniejszych latach ewolucji konstrukcji zaczęto stosować również wcięcie w pudle rezonansowym zwane *cut-away* w celu ułatwienia dostępu do wyższych pozycji na gryfie. [Góralski, 1996]



Rys. 5. Gitara marki CF Martin z 1834 roku (www.guitarworld.com)

Wszystkie wprowadzane z czasem modyfikacje instrumentu od czasu jej powstania miały niemal ten sam sens, dla którego powstała gitara akustyczna. Nowopowstałe gatunki muzyczne takie jak folk, country, swing czy blues wymagały donośnych i wyraźnie brzmiących instrumentów. Niezaprzeczalnym faktem jest, że rosnące wymagania brzmieniowe przekładają się na powstawanie nowych konstrukcji, które z kolei rodzą nowe możliwości brzmieniowe i tak przez wzajemne oddziaływanie dochodzi do ewolucji. [Góralski, 1996]

XX. wiek wprowadził do gitar akustycznych wiele pomysłowych rozwiązań konstrukcyjnych. Połączenie metalowych rezonatorów z pudłem rezonansowym przez Braci

Dopyera stworzyło nowe możliwości brzmieniowe dla technik slide i fingerpicking. Mario Maccaferri wyposażył pudła swoich gitar w dodatkowe tunele rezonansowe wzmacniając tym dźwięk instrumentu jeszcze mocniej. Lata pięćdziesiąte były okresem powstania dwunastostrunowych gitar akustycznych genialnych do gry akordowej, a w latach sześćdziesiątych Charles Kaman budował pudła łącząc drewno z tworzywem sztucznym i instalował przetworniki piezoelektryczne z przedwzmacniaczem pod siodełkami mostków. [Góralski, 1996]

Ostatnie ciekawe rozwiązania konstrukcyjne wprowadziła na rynek firma Ovation wprowadzając w 1960 roku pudła rezonansowe w kształcie gruszki (rys. 6.) o zaokrąglonych brzegach. Instrumentom tym przypisuje się bardzo wysoką jakość wykonania, jednak ich popularność wciąż jest marginalna. Materiał obłej części pudła to rodzaj kompozytu z włókna szklanego zwanego niegdyś „Lyrachord”. Płyta wierzchnia została w tej konstrukcji wykonana jest z drewna. Omawiany efekt osiągnięty został przy użyciu analiz dokonanych przez identyczne oprogramowania komputerowe jakie wykorzystuje się w lotnictwie przy badaniu zależności aerodynamicznych – ale w tym przypadku badano właściwości rezonansowe. [Przedpeńska-Bieniek, 2011]



Rys. 6. 12-strunowa gitara akustyczna Ovation, widok z boku (theguitarworld.com)

Należy pamiętać, że gitara akustyczna dała życie równie genialnej konstrukcji gitary elektrycznej, co w konsekwencji przyczyniło się do rewolucji w całym przemyśle muzycznym na przełomie kolejnych lat. [Góralski, 1996]

3.2. Lutnictwo. Rzemiosło sztuki i nauki.

W konstruowaniu, naprawianiu i konserwacji instrumentów strunowych specjalizuje się gałąź sztuki zwana lutnictwem. Rzemiosło to dotyka swoim istnieniem nie tylko ludzi tworzących muzykę, ale również słuchających jej. [Soltan, 1978] Zapisane na papierze dzieło muzyczne bez wykonawcy jest abstrakcyjnym tworem dla słuchacza. Można doszukiwać się powiązań między kompozycją muzyczną, a tworem lutnictwa, gdyż od walorów i zdolności wykonawcy zależy w jakim stopniu wykorzysta walory instrumentu do przekazania swojego dzieła słuchaczowi. [Kamiński, Świrek, 1972]

Mimo powszechnego kojarzenia lutnictwa przede wszystkim z budową skrzypiec, rzemiosło to związane jest z przeogromnym wachlarzem instrumentów muzycznych i nie bez powodu określane jest “sztuką”, gdyż zbudować instrument spełniający swoją funkcję może każdy, ale to od talentu, precyzji i poczucia estetyki twórcy zależy ostateczne brzmienie i prezencja altówki, gitary czy skrzypiec. Każdy wytwór działalności lutnika niezaprzeczalnie jest dziełem niepowtarzalnym nawet mimo identycznych i niezmiennych założeń konstrukcyjnych i jednego wzoru, gdyż wszystkie zawsze będą skrajnie indywidualne. Udany twór lutniczy jest zatem dziełem wielu dziedzin sztuki, a wartość jego tkwi w sferze zarówno wizualnej jak i dźwiękowej. [Soltan, 1978]

Mimo pielęgnowanej w Polsce ponad czterowiekowej tradycji tworzenia instrumentów przekazywanej z pokolenia na pokolenie zatrważający był stan polskiej literatury na temat zagadnień lutnictwa aż do lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Istotnym faktem jest to, że Polska jako pierwszy kraj na świecie uznała lutnictwo oficjalnie za formę sztuki artystycznej i właśnie na ziemiach Polskich powstało i działa Stowarzyszenie (obecnie Związek) Polskich Artystów Lutników, na którego członkach spoczywa rozwój zagadnień lutnictwa w sposób świadomy i oparty na nauce. [Kamiński, Świrek, 1972]

Rosnąca popularność gry na instrumentach spowodowała, że już od XIX wieku rozpoczęto produkcję lutniczą w fabrykach i aspekt ten rozwija się prężnie po czasy teraźniejsze, nie wykluczając z rynku twórców mistrzowskich powstających jednostkowo. Pierwszą fabryką instrumentów muzycznych w Polsce i największą jak na czasy swojej świetności, które przypadają na lata siedemdziesiąte ubiegłego wieku, była Dolnośląska Fabryka Instrumentów Lutniczych w Lublinie(rys. 7). [Soltan, 1978] Należy mieć na uwadze, że produkcja opierała się głównie o instrumenty wątpliwej jakości wykonania,

a twory wychodzące z fabryki spełniały jedynie podstawowe funkcje instrumentów. Można było zapomnieć o wyszukanej estetyce i wspaniałej jakości wydobywającego się z instrumentów dźwięku, mimo to instrumenty marki DEFIL były używane przez większość muzyków z racji trudnego dostępu do instrumentów profesjonalnych w okresie Polskiej Rzeczypospolitej Ludowej. Następujące z czasem przemiany polityczne i gospodarcze w Polsce oraz produkcja importowa doprowadziły do upadku fabryki.



Rys. 7. Pracownicy fabryki DEFIL przy montażu gitar. (www.radiowroclaw.pl)

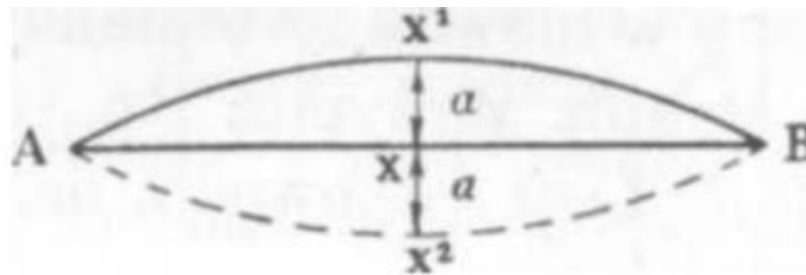
Lutnictwo skupiające się na instrumentach strunowych w Polsce XXI wieku nadal ma się dobrze, mimo ogromnego rynku zdominowanego przez instrumenty ze wschodnich i zachodnich fabryk takich jak japońska fabryka FUJIGEN czy amerykańskie fabryki Gibsona, Polska może poszczycić się niewielkimi warsztatami lutniczymi produkującymi gitary na cały świat, a szczególnym powodzeniem cieszą się polskie marki lutnicze skupione na produkcji gitar takie jak *Witkowski*, *Solar Guitars* czy *Mayones*.

3.3. Podstawowe informacje teoretyczne o dźwięku i akustyce drewna

Działem nauki z dziedzin sztuk muzycznych, którego przedmiotem są instrumenty muzyczne pod kątem budowy, konstrukcji, działania i wykorzystania w praktyce jest instrumentoznawstwo. Ta nauka tłumaczy między innymi kwestię wydobywania dźwięku na poszczególnych instrumentach. [Wesołowski, 1986]

Podstawowym kryterium powodującym, iż dźwięk jest słyszalny jest istnienie przewodnika. Przewodnikiem dźwięku mogą być substancje stałe, ciekłe i lotne, które przenoszą dźwięki na zasadzie ruchu falowego od źródła dźwięku w każdym

dopuszczalnym kierunku do odbiornika znajdującego się w polu emisji dźwięku, jakim może być ludzkie ucho z punktu widzenia fizjologicznego. [Wesołowski, 1986] Z fizycznego punktu widzenia dźwięk jest niczym innym jak zaburzeniem przemieszczającym się w materii, w której powstaje - niezależnie od tego, czy takie zaburzenie zostało zaobserwowane, czy nie. [Krzysik, 1975]. Aby zobrazować powstawanie dźwięku, użyto schemat(rys. 8) imitujący wychylenie struny z położenia równowagi. A i B przyjęto jako punkt zaczepienia struny.



Rys. 8. Schemat ciała wprawionego w ruch drgający. [Wesołowski, 1986]

Kiedy strunę wprawi się w ruch drgający, nastąpi jej wychylenie z położenia równowagi (X) np. w kierunku X_1 , po czym wróci ona do punktu X i wychyli się w kierunku X_2 i znów powróci do stanu początkowego.

Jeśli rozłożyć by ten wykres w taki sposób, że na prostej oznaczmy czas potrzebny do wychylenia się struny w obie strony i powrotu do stanu pierwotnego otrzymamy sinusoidę prezentującą chwilowe położenie drgającego punktu(rys. 9).



Rys. 9. Schemat prezentujący chwilowe położenie drgającego punktu [Wesołowski, 1986]

Największe wychylenie struny oznaczone jako „a” oznacza amplitudę drgania. Wychylenie ciała w jednym kierunku określa się zaś jako połowę pełnego drgania, a czas potrzebny do osiągnięcia pełnego drgania określa się jako *okres* – T. Drgania struny przedstawione na powyższych schematach umieszczone w takim ośrodku jak powietrze wytwarzają w nim fale, które poprzez rytmiczne zagęszczanie i rozrzedzanie cząstek powietrza docierają do błony bębenkowej ucha i wprawiają ją w identyczne drgania,

jak źródło dźwięku, a te z kolei są przekazywane za pomocą złożonego aparatu słuchowego do ośrodka słuchowego w mózgu.

Schematy przedstawione powyżej są możliwie uproszczone, gdyż nie stoi na przeszkodzie aby struna nie drgała równomiernie po całej swojej długości, a dzieliła się na części i drgała w inny sposób, posiadając inną częstotliwość. [Wesołowski, 1986]

Częstotliwość drgań jest jedną z cech charakteryzujących dźwięk, a te związane są z parametrami fali akustycznej. Częstotliwość drgań związana jest ściśle z jedną z takich cech - mianowicie wysokością. [Wesołowski, 1986] Definicja wysokości, określa ją jako rodzaj wrażenia słuchowego, dzięki któremu tony można poddać selekcji na zasadzie "wysoki - niski". [Makarewicz, 2004] Ciało wprowadzone w drganie wykonuje mniej albo więcej drgań na sekundę, co zależy od materiału i wymiarów fizycznych tego ciała. Poruszona struna krótka i cienka wykonuje tysiące drgań w ciągu sekundy emitując niski dźwięk, kiedy struna gruba i długa wykona tych drgań kilkadziesiąt emitując dźwięk niski. [Wesołowski, 1986]

Inną istotną cechą w charakterystyce dźwięku jest głośność, która wykazuje pełną zależność od amplitudy drgania. Łatwo wywnioskować, że amplituda drgań jest zależna od długości ciała drgającego, bo im większe wychylenie od położenia pierwotnego tym mocniej wzburzane są cząsteczki powietrza, a zatem emitowany dźwięk jest głośniejszy. Ta zależność pokazuje jak ważna jest obecność pudła rezonansowego w celu wzmocnienia głośności instrumentu. [Wesołowski, 1986] Jednostką intensywności dźwięku bel (B), wyrażający stosunek ciśnienia powietrza tworzonego przez falę akustyczną, do ciśnienia powietrza w stanie niewzbudzonym. [Krzysik, 1975]

Każdy dźwięk ma określony czas trwania i będzie on słyszalny tak długo, dopóki będzie trwać drganie ciała emitującego dany dźwięk. Czas trwania dźwięku określa się jako *sustain*, a długi *sustain* jest niezwykle pożądaną cechą każdej gitary i bardzo mocno związany jest z doborem materiałów i dokładnością wykonania instrumentu. [Wesołowski, 1986]

Jak doskonale wiadomo, dźwięk o tej samej wysokości i głośności można uzyskać na różnych instrumentach, jednak cechą różniącą te dźwięki jest ich barwa, a ta zależy od ilości i natężenia *tonów składowych* określających dźwięk struny, czyli *alikwotów*. [Wesołowski, 1986] Na barwę instrumentu wpływają różne czynniki. Najprościej mówiąc

zależy ona od materiału użytego do konstrukcji, kształtu i rozmiaru instrumentu, a także sposobu w jaki grający wydobędzie dźwięk.

Istotną dla opisywanego zagadnienia nauką jest również akustyka, która zajmuje się prawami fizyki rządzącymi dźwiękiem. Łączy się ona ściśle z tematyką drewna, jako materiału konstrukcyjnego gitar i innych instrumentów muzycznych, a także jeśli bierze się pod uwagę aranżacje akustyczną pomieszczeń. W przypadku wykorzystywania drewna jako materiału konstrukcyjnego instrumentów, czyli materiału rezonansowego, pod uwagę należy brać prędkość rozchodzenia się w drewnie fal akustycznych, jego oporność akustyczną i tłumienie dźwięku.

Drewno posiada właściwości akustyczne, które definiuje jego budowa. Właściwościami akustycznymi drewna określa się cechy drewna, które oddziałują na przebieg zjawisk dźwiękowych w nim zachodzących. Jako materiał niejednorodny i anizotropowy, również jego akustyka jest anizotropowa. Oznacza to, że właściwości akustyczne zmieniają się wraz z wybranym kierunkiem anatomicznym drewna. Ponadto, właściwości akustyczne drewna zależne są od obecności wad w materiale, udziału drewna późnego, udziału promieni rdzeniowych i przewodów żywicznych, porowatości, a także wilgotności oraz temperatury. Wymienione czynniki są odpowiedzialne za gęstość drewna i określają również jego właściwości sprężyste. Nie są to parametry stałe i mogą się różnić nawet w przypadku jednego gatunku z racji na siedlisko i warunki rozwoju. [Krzysik, 1975]

Gęstość i zespół wszystkich współczynników sprężystości określa jak dany materiał reaguje na promieniowanie energii dźwiękowej. Stosunek, jaki mają do siebie te wielkości nazywa się *stałą akustyczną*, bądź *stałą wypromieniowania* i definiuje poprawność działania płyt rezonansowych instrumentów, a jej wartość dla materiału przeznaczonego na instrumenty muzyczne powinna wynosić co najmniej 10.

$$k = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}}$$

Gdzie: k – stała akustyczna $\left[\left(\frac{Pa}{\left(\frac{kg}{m^3} \right)^3} \right)^{\frac{1}{2}} \right]$

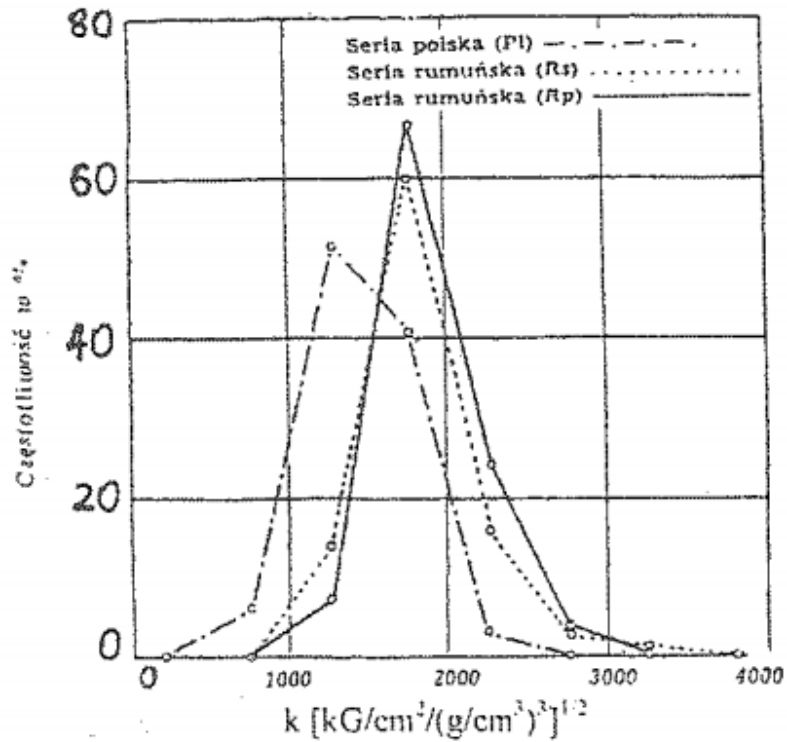
E – moduł sprężystości wzdłuż włókien [Pa]

ρ – gęstość $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$

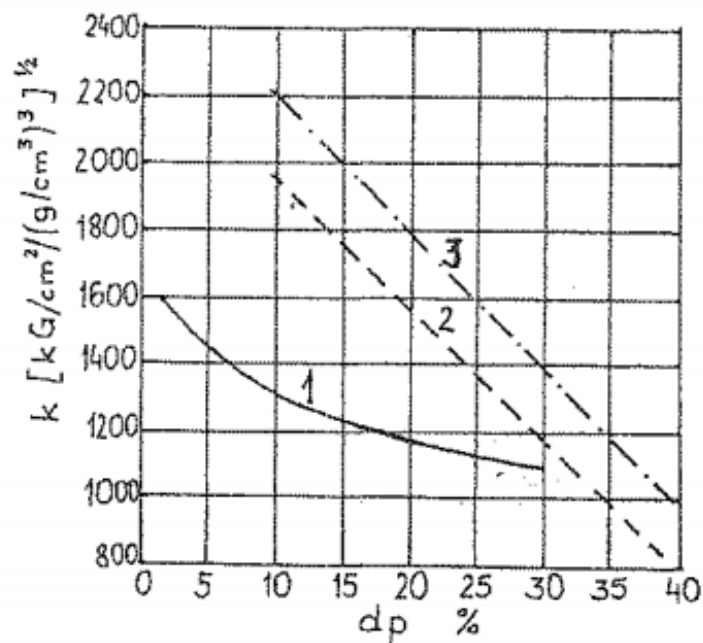
Ze względu na to, że promieniowanie energii akustycznej przez elementy rezonansowe zależy też bezpośrednio od czynników takich jak niejednorodność struktury słistej oraz zróżnicowane reakcje drewna na poddanie go różnym częstotliwościom, przyjmuje się wielkość k_p , która uwzględnia *dekrement tłumienia* δ : [Harajda, Łapa, 2002]

$$k_p = \frac{1}{\delta} \sqrt{\frac{E}{\rho^3}}$$

Wyniki badań stałej akustycznej dla trzech serii próbek świerkowego drewna rezonansowego pozyskanego z obszarów Rumunii i Polski (rys. 10.) wskazują, że wartość stałej wypromieniowania jest ściśle powiązana z udziałem drewna późnego bez względu na to skąd badany materiał został pozyskany. Wraz ze zwiększaniem się udziału drewna późnego zmniejszała się wartość stałej akustycznej (rys. 11.), a dla każdej próbki, w której udział drewna późnego był mniejszy niż 30%, stała uzyskiwała wartość większą niż 10 (w przypadku starej nomenklatury układu SI należy przyjąć 1000). [Bielczyk, Bobrowicz, 1960]



Rys. 10. Rozrzut wartości stałej akustycznej (k) świerkowego drewna rezonansowego [Bielczyk, Bobrowicz, 1960]



Rys. 11. Zależność stałej akustycznej (k) od udziału drewna późnego (d_p) dla świerkowego drewna rezonansowego. Legenda: 1 – drewno z Białorusi, 2 – drewno z Polski, 3 – drewno z Rosji [Bielczyk, Bobrowicz, 1960]

Każdy dźwięk ma swoje źródło, a źródłem tym jest ciało drgające. Fale akustyczne przenoszą się jedynie przez ośrodek, lecz materiał ośrodka nie zmienia położenia. Przekazywana jest tylko energia na drodze powstania drgań cząstek. Wyróżnia się dwa rodzaje fali w ciałach stałych – fale podłużne oraz poprzeczne – rozróżnia się je na podstawie kierunku drgania cząstek względem kierunku rozchodzenia się fali dźwiękowej.

Fale poprzeczne powstają, kiedy cząstki ośrodka drgają prostopadle do kierunku rozchodzenia się fali i powstają jedynie wtedy, kiedy ciało wykazuje sprężystość postaci na odkształcanie, a zatem tylko w przypadku ciał stałych. Fale podłużne występują jeśli cząsteczki drgają równolegle do kierunku rozchodzenia się fali i pojawiają się tylko wtedy, gdy ciało wykazuje sprężystość objętości, a tą cechą charakteryzują się zarówno ciała stałe, jak i ciekłe oraz gazowe. [Krzysik, 1975]

Prędkość rozchodzenia się fal akustycznych zawsze zależy od sprężystości i gęstości ośrodka. Jako, że moduł Younga w drewnie, jako materiale anizotropowym zależy od kierunku anatomicznego w jakim został wykonany pomiar, więc prędkość fali w każdym kierunku również jest różna.

Dla fal podłużnych prędkość fali akustycznej można wyrazić wzorem:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Gdzie: c – prędkość fali [m/s]

E – moduł sprężystości wzdłuż włókien [Pa]

ρ – gęstość materiału $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

Powyższy wzór należy zmodyfikować odpowiednio do kształtu elementu, dla którego liczona jest prędkość fali, a do wyniku należy podać wilgotność drewna lub temperaturę i wilgotność powietrza w pomieszczeniu pomiarowym. [Harajda, Łapa, 2002]

Liczne badania nad rozchodzeniem się fal dźwiękowych w drewnie jednoznacznie pozwalają wysnuć wniosek, że sposób cięcia drewna (kierunek anatomiczny) ma ogromny wpływ na prędkość rozchodzenia się dźwięku w tym ośrodku. Wynika z tego, iż przyjmując prędkość fali w ośrodku za kryterium oceny drewna jako materiału rezonansowego na instrumenty muzyczne, drewno należy ciąć wzdłuż włókien.

Przy dużym oporze stawianym energii fali dźwiękowej przez cząsteczki materiału w jakim się ona rozchodzi, intensywność drgań cząstek tego materiału oraz zużycie energii na wprowadzenie ich w drganie są małe. Miarą oporu w tym przypadku jest *oporność akustyczna*, będąca iloczynem gęstości danego ciała (ρ) i prędkości zachodzącej w nim propagacji fal (c), co przedstawia się wzorem:

$$Z = \rho \cdot c = \rho \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Przekształcając powyższy wzór, można określić to zjawisko jako przyrost ciśnienia chwilowego fali (p) wyrażonej w paskalach (Pa) do prędkości (V) ruchu cząstek ośrodka (m/s) wywoływanej przez zmianę ciśnienia. [Krzysik, 1975]

$$Z = \sqrt{\frac{p}{V}}$$

Opisując proces przekazania energii fali akustycznej na płaszczyznę uwzględnia się powierzchnię płaszczyzny (s).

$$Z = \sqrt{\frac{p}{Vs}}$$

„Kolizje opornościowe”, powodujące utratę energii przy przechodzeniu jej pomiędzy elementami konstrukcji instrumentu są normalne. Jedyną możliwością redukcji strat energii w tym przypadku jest dobieranie elementów o podobnej oporności akustycznej. [Harajda, Łapa, 2002]

Budując instrument z drewna warto pamiętać również o zjawisku *relaksacji*, czyli procesie zmniejszania się naprężeń w ciałach fizycznych. Tym zjawiskiem zajmuje się *reologia*, czyli nauka o deformacjach i „płynięciu” ciał na skutek naprężeń. W przypadku instrumentów skonstruowanych z drewna jest to wynikiem procesu ładowania i rozładowywania elektrycznego błony komórkowej materiału dążąc z czasem do stanu równowagi. Procesu tego nie da się uniknąć w nowych instrumentach, jednak można go przyspieszyć poprzez ogrywanie instrumentu. [Harajda, Łapa, 2002]

3.4. Dobór materiału przeznaczonego na konstrukcje gitar akustycznych

Głównymi zespołami konstrukcyjnymi gitary akustycznej jest szyjka i pudło rezonansowe, będące jednocześnie konstrukcją nośną dla naciągu strun. Taki układ pozwala na wydobywanie dźwięku z instrumentu poprzez wprowadzenie strun w drgania, a te wzmacniane są w pudle rezonansowym zgodnie z prawami fizyki. [Góralski, 1996] Istotne jest zatem, aby dobrany materiał na instrument pozwolił na optymalne rozchodzenie się fali akustycznej we wszystkich elementach konstrukcji. Materiał musi spełniać podstawowe warunki niezbędne do otrzymania zakładanych właściwości całego instrumentu, a są to: zdolność do drgań w całym zakresie częstotliwości, właściwa intensywność drgań materiału, odpowiednia szybkość kształtowania dźwięku oraz odpowiedni rozkład drgań. Obok litego drewna popularne jest stosowanie sklejk, żywic, włókna szklanego czy innych materiałów rezonansowych. Optymalny wiek drzewa przeznaczonego na instrumenty muzyczne oscyluje w granicach między 100 a 200 lat. [Harajda, Łapa, 2002] Wielu doświadczonych lutników twierdzi, że z czasem drewno traci swoje właściwości sprężyste, zatem nie są zwolennikami wykorzystywania starego drewna w budowie instrumentów. [Panufnik, 1926]

Dobierając drewno do budowy gitary należy zróżnicować gatunki pod względem zastosowania ich dla poszczególnych elementów konstrukcji. Rozróżnia się drewno do produkcji: szyjki, podstrunnicy, płyty pudła rezonansowego, ożebrowania pudła rezonansowego oraz mostka. Osprzęt, taki jak kołki strunociągu, siodełka strun czy pickguard (kołnierz chroniący płytę wierzchnią przed zarysowaniami od uderzeń kostki) również można wykonywać z odpowiedniego drewna, jednak powszechniejsze jest stosowanie tworzyw sztucznych, metali, a niegdyś nawet kości. Pomijając oczywiście dla tego zagadnienia walory akustyczne i estetyczne drewna, powyższy rozdział uzależniony jest przede wszystkim od właściwości mechanicznych materiału. Dopuszcza się występowanie wad np. w postaci czeczoty z racji na walory wizualne tylko i wyłącznie. Elementy wykonane celowo z udziałem drewna obciążonego wadami nie mogą wpływać na brzmienie i wytrzymałość instrumentu. Występowanie wad pochodzenia bakteryjnego, pęknięć czy przeżywiczenia jest kategorycznie niedopuszczalne. [Harajda, Łapa, 2002] Przykładem wykorzystania drewna z wadą do celów wizualnych jest fornirowanie powierzchni płyty wierzchniej i główki gitary czeczotą klonową.

Przy doborze drewna na szyjkę gitary należy zwrócić uwagę, aby materiał był pozyskany z pnia w taki sposób, że finalny twór w postaci gryfu charakteryzował się

pionowym układem słoï w przekroju poprzecznym. Ta cecha pozwoli na uzyskanie szyjki o maksymalnej stabilności oraz odporności na wypaczenia i skręcenia. Gryfy gitar akustycznych tworzy się zazwyczaj z drewna mahoniowego lub klonowego. W gitarach wyższej klasy zdarza się, że gryfy tworzy się zarówno z drewna orzechowego, palisandrowego oraz innych odmian egzotycznych.

Podstrunnice oraz mostki wykonywane są z niezwykle twardych i stabilnych gatunków drewna. Stosuje się tu drewno palisandrowe, hebanowe, klon o zwiększonej twardości (hard rock maple), a rzadziej inne egzotyki. Dzięki zastosowaniu twardego i stabilnego drewna powierzchnia chwytnej nie ulega odkształceniom. Jest to niezwykle istotne z racji precyzji wykonania tego elementu, gdyż osadzony jest w nim metalowy drut progowy wykonany zazwyczaj z mieszanki srebra i niklu, a czasem mosiądzu lub stali nierdzewnej.

Korpus, czyli pudło rezonansowe wykonuje się ze stosunkowo cienkich płyt pozyskiwanych z litego drewna, klejonych wzdłuż osi instrumentu. Najwdzięczniejsza estetycznie jest tu technika „bookmatched” polegająca na dobraniu płyt ciętych promieniście z jednego pnia sposobem „quarter-sawn” i klejonych wzdłużnie względem siebie na wzór otwartej książki, jednak takie wykonanie przypisuje się najdroższym instrumentom ze względu na trudniejsze pozyskanie materiału i walory wizualne. Płyta wierzchnia przyjmuje na siebie największe naprężenia i ma za zadanie jak najwierniej przekazać drgania, zatem powinna być wykonana z drewna szczególnie wyselekcjonowanego, możliwie najwytrzymalszego, o dużej sprężystości, najlepiej drobnosłostego - jak cedr, świerk czy klon. Zagęszczenie słoï określa się symbolami A, AA lub AAA. Najcenniejszym materiałem przy budowie gitary jest drewno maksymalnie zawężone, gdzie słoje są idealnie równoległe względem siebie. Przyjęło się, że boki i spód gitary są wykonywane z tego samego gatunku drewna co szyjka, jednak nie jest to reguła.

Ożebrowanie pudła rezonansowego odpowiada przede wszystkim za wzmocnienie delikatnej konstrukcji z płyt, jednak jego układ i wymiary poszczególnych elementów znacząco kształtują brzmienie gitary. Przygotowując ożebrowanie należy zwrócić uwagę, aby materiał cechował się wzdłużnym układem słoï. Najczęściej stosuje się w tym celu drewno świerkowe z racji na lekkość i wytrzymałość. [Góralski, 1996]

Do dzisiejszych produkcji przemysłowych i rzemieślniczych lutnicy wykorzystują półfabrykaty drewniane. Ogranicza to znacznie swobodę wyboru rysunku drewna i adaptację

w kontur instrumentu. Drzewo wytypowane na podstawie kryteriów dotyczących siedliska po ścięciu musi zostać odpowiednio przygotowane do dalszej obróbki. Po przetarciu na bloczki czy płyty o odpowiednich wymiarach z naddatkami drewno poddaje się suszeniu. Zalecane jest, aby sezonować drewno co najmniej pięć lat, gdyż po takim czasie uzyskuje ono odporność na warunki atmosferyczne. [Soltan, 1978] Proces suszenia ma na celu osiągnięcie stabilizacji materiału i osiągnięcie wymaganych dla drewna rezonansowego właściwości fizyczno-akustycznych. Uważa się, że sam wiek pozyskanego drewna ma wpływ na jakość wykonania budowanego instrumentu, a pewnym jest że ma szczególne znaczenie ma przy pierwszej selekcji materiału oraz planowaniu procesu suszenia. Przeprowadzone dotychczas badania nad wykorzystywaniem starego (powyżej 150 do 700 lat) drewna do budowy instrumentów wykazują wspólnie skomplikowane zależności różnych cech materiału i nie dowodzą w żaden sposób, że starsze drewno należy bezapelacyjnie uznawać za bardziej wartościowe pod względem właściwości akustycznych. [Harajda, Łapa, 2002]

Proces sezonowania drewna rozpoczyna się od chwili ścięcia drzewa. Dzisiaj technologia pozwala na osiągnięcie wymaganej wilgotności wspomagane jest w suszarniach lub komorach klimatyzacyjnych, jednak przy procesie naturalnej klimatyzacji zaleca się wykorzystywanie materiału nie wcześniej niż po siedmiu latach od ścięcia drzewa. [Panufnik, 1926] W normalnych warunkach drewno zawsze chłonie wodę z powietrza, dlatego określa się tzw. wilgotność użytkową dla drewna rezonansowego. Przesuszenie materiału niesie za sobą skutki w postaci zmian wymiarowych. Powinno dążyć się do osiągnięcia wilgotności użytkowej na poziomie 8-12% przy wilgotności powietrza w zakresie 40-65% i temperaturze 20 stopni Celsjusza. [Harajda, Łapa, 2002]

Normalizowane na przestrzeni ostatnich 60 lat branżowe i polskie normy zawierające informacje na temat drewna rezonansowego liściastego i iglastego oznaczone są jako: BN-67/7111-12; BN-69/9221-05; BN-67/7111-14; BN-70/9221-06; PN-56/D-95070; PN-63/D-95071.

3.5. Organizacja produkcji

Zarówno jednostkowa jak i przemysłowa produkcja instrumentów wymaga odpowiedniej organizacji produkcji. Poza koniecznością optymalizacji czasu i wysiłku włożonego w budowę instrumentów, dobrze zorganizowana produkcja wpływa

na niezwykle istotne w przypadku takiej produkcji samopoczucie lutników i innych pracowników. [Soltan, 1978]

W przypadku niewielkiej manufaktury organizację produkcji rozumie się przez przemysłane rozmieszczenie pomieszczeń, aranżację umeblowania i doboru sprzętu w zależności od pełnionej funkcji. Podstawowa pracownia lutnicza powinna składać się z odrębnych obszarów przeznaczonych na: pracownię właściwą, lakiernię i suszarnię, a także ewentualnie pokój przyjęć dla klientów. [Soltan, 1978] Szczególnej sterylności wymaga lakiernia, gdyż zanieczyszczona powłoka instrumentu znacząco obniża jego wartość estetyczną. Przestrzeń suszarni z pracownią lutniczą można połączyć, pod warunkiem zatroszczenia się o odpowiednie warunki wilgotności, o które zaleca się dbać w każdej pracowni lutniczej i pomieszczeniu o znaczącym udziale w produkcji instrumentów w celu zapewnienia instrumentom odpowiednich warunków klimatycznych. Pomiary wilgotności powietrza w pomieszczeniach przeprowadza się za pomocą urządzeń takich jak higrometry, psychrometry lub termohigrografy. [Harajda, Łapa, 2002] Pomieszczenia powinny być także jasno doświetlone, suche, ocieplone, z dostępem do bieżącej wody. Poza typowym wyposażeniem w narzędzia, szafy na instrumenty czy lakiery, reszta wyposażenia wynika z indywidualnych przyzwyczajęń i metod stosowanych przez lutnika. Niemal każdy lutnik korzysta z wielu przyrządów własnego pomysłu, które ułatwią mu pracę. Przykładem może być prasa ręczna dostosowana do wciskania drutu progowego w rowki podstrunnicy czy formy do gięcia ścian bocznych korpusu gitary. Do dziś istnieje wiele niepopularnych rozwiązań, które powinny być standardem każdej lutniczej pracowni jak na przykład promiennik podczerwieni wykorzystywany przez niektórych do przyspieszenia procesu suszenia lakieru bądź zapewnienia utrzymania odpowiedniej temperatury dla miejsca pracy. [Soltan, 1979]

Na przykładzie funkcjonowania japońskiej fabryki Fujigen w Nagano (rys. 12.) czy koreańskich fabryk firmy Cort, można stwierdzić, że organizacja procesu budowy gitar na skalę przemysłową w rozumieniu zagospodarowania obszaru produkcji wygląda po dziś dzień bardzo podobnie do produkcji małoseryjnej. Mimo ogromnej skali produkcji w porównaniu do tradycyjnych pracowni lutniczych, większość procesów wykonywana jest ręcznie przez rzemieślników i lutników na rozdzielonych stanowiskach skupionych na produkowaniu konkretnych elementów przy pomocy szablonów i wzorników, a nad każdym etapem produkcji czuwają specjaliści i technologowie. Nie da się ukryć, że część procesów produkcyjnych jak wycinanie i frezowanie kształtów korpusu czy szyjki, bądź

frezowanie podstrunnicy odbywa się dziś przy pomocy maszyn sterowanych numerycznie, jednak zakres ręcznych zabiegów w trakcie budowy instrumentu jak szlifowanie, klejenie, lakierowanie czy ustawianie i strojenie instrumentów wciąż wymaga ogromnego wkładu fizycznej pracy i precyzji.



Rys. 12. Główny budynek fabryki Fujigen. Kadr z filmu „FGN Guitars Japan - Documentary and Factory Tour” (www.youtube.com)

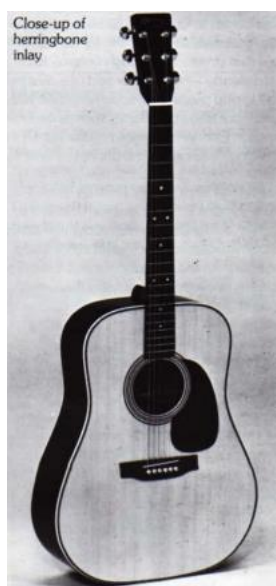
3.6. Analiza rozwiązań konstrukcji drewnianych gitar akustycznych w oparciu o rynek branży gitarowej

Rynek gitar akustycznych rozwija się prężnie od blisko 100 lat. W tym czasie pojawiło się wiele wariacji konstrukcyjnych dla tego instrumentu wykorzystywanych przez cały czas. Zmiany w budowie gitar oddziałują na brzmienie instrumentu, a nie ma brzmienia idealnego, gdyż jest to kwestia bardzo indywidualna. Producenci poza różnymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi i doбором osprzętu i akcesoriów montowanych do gitar, starają się zdobić swoje instrumenty w sposób czysto artystyczny, aby zachęcić klienta i podnieść wartość instrumentu.

3.6.1. Korpus gitary akustycznej

Korpus, a w zasadzie pudło rezonansowe, to centralny i najbardziej złożony zespół elementów konstrukcji gitary akustycznej. Wyróżnia dwie rodziny gitar akustycznych ze względu na różnice konstrukcyjne płyty wierzchniej: flat-top (płaska płyta wierzchnia) oraz arch-top (wypukła typa wierzchnia). Gitary z rodziny flat-top to najbardziej popularna odmiana tego instrumentu. Zostały swego rodzaju standardem wyznaczający kanon tworzenia gitar akustycznych, a wprowadzono je na rynek w 1931 roku przez istniejącą po

dziś dzień markę Martin (rys. 13.) i były konstrukcją zaczerpniętą wprost z gitary klasycznej, jednak nieco wzmocnionej ze względu na zastosowanie metalowych strun. [Góralski, 1996]



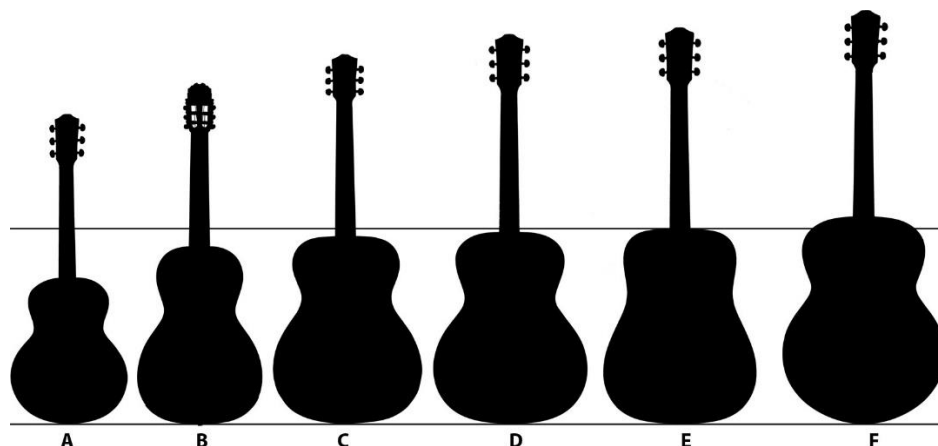
Rys. 13. Prototyp gitary Martin HD-28 z 1931 roku. (Denyer, 1992)

Konstrukcje arch-top zostały wprowadzone do sprzedaży dzięki długoletnim eksperymentom Orville Gibsona. Dopracowany przez Lloyda Loara model Gibson L-5 (Rys. 14.) pojawił się w powszechnej sprzedaży w 1924 roku. Gitary arch-top charakteryzowały się obecnością dwóch, symetrycznych otworów rezonansowych w kształcie litery „f” co zaczerpnięto ze skrzypiec, podczas czy flat-top najczęściej posiada jeden duży otwór rezonansowy.[Denyer, 1992] Gitary te dziś występują głównie w wersjach elektroakustycznych i bliżej im dziś do gitar określanych jako elektrycznych, jak też są przede wszystkim postrzegane, dlatego w dalszej części pracy aspekt gitar arch-top nie jest poruszany.



Rys. 14. Gitara akustyczna Gibson LR-5 arch-top (www.djangobooks.com)

Wychodząc z domyślnego kształtu ósemki, który był i jest domeną pudeł gitar klasycznych zaczęto powiększać pudła rezonansowe oraz modyfikować ich proporcje, co ściśle związane jest z głośnością i częstotliwościami brzmienia danej gitary akustycznej. Wypracowano dzięki temu wzorzec stylistyczny (rys. 15) określający kształty i gabaryty, który obowiązuje po czasy teraźniejsze i przyczynia się do powstawania konstrukcji o wzorcach pośrednich jak Auditorium czy Concert. [Góralski, 1996]

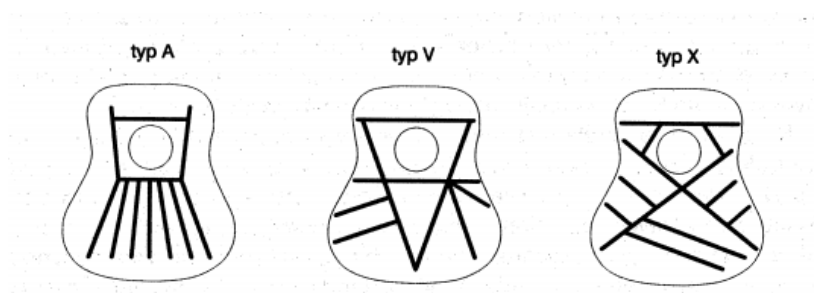


Rys. 15. Wiodące w sprzedaży wzorce proporcji gitar akustycznych. (en.wikipedia.org)

- A. Mini Jumbo to w rzeczywistości wzorzec Jumbo pomniejszony o ćwierć wielkości, przystosowany dla mniejszych osób.
- B. Parlor to kompaktowe gitary akustyczne wyróżniające się obecnością dwunastu progów.
- C. Grand Concert to gitary o cieńszym pudle, świetnie do nagrywania ze względu na zrównoważone pasmo brzmienia.
- D. Auditorium to wariacja wobec klasycznego Dreadnought. Zwężenie talii pozwoliło na uzyskanie pełniejszego pasma częstotliwości.
- E. Dreadnought to klasyka wśród gitar akustycznych. Gitary nastawione na donośną grę z dużym podkreśleniem niskich tonów.
- F. Jumbo to największy spośród standardowych wzorców, stworzony w pierwszej połowie XX wieku by grać głośniej i wybrzmiewać dłużej.

Ożebrowanie w pudłach rezonansowych również jest wynikiem wielu lat doświadczeń i odznacza się ciągle powtarzanym do dziś wzorcem. Najczęściej stosuje się typ ożebrowania płyty wierzchniej w układzie A, V oraz X. (Rys. 16.)

Niektórzy producenci odchodzą od tych wzorców. Oczywiście w celach modyfikacji brzmienia instrumentu. Zabieg indywidualnego projektowania ożebrowania stosuje się w wyniku badań właściwości fizyko-akustycznych danej konstrukcji. [Góralski, 1996]



Rys. 16. Wzorce ożebrowania płyty wierzchniej w układzie A, V oraz X. (Góralski, 1996)

Ożebrowanie spodu pudła rezonansowego (rys. 17.) jest na ogół znacznie mniej skomplikowane. Listwy są przyklejane są na krzyż, a ich głównym zadaniem jest wzmocnienie konstrukcji.



Rys. 17. Ożebrowanie spodu pudła rezonansowego. (Denyer, 1992)

Część gitar akustycznych posiada jednostronne wcięcie w górnej części korpusu zwane „cutaway”(rys. 18.). Pomaga to muzykowi w dostępie do wyższych pozycji podstrunnicy niż tylko 14 próg.



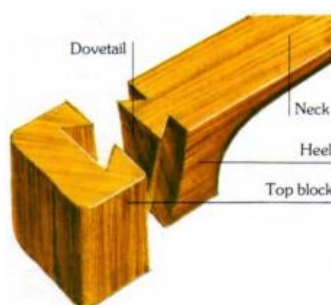
Rys. 18. Wizualizacja wcięcia cutaway w pudle rezonansowym gitary (taylorguitars.com)

Ostatnim elementem znajdującym się w obszarze korpusu jest mostek. Na mostku znajduje się siodełko szyjki będące jednym z końców menzury instrumentu. Mostek definiuje położenie strun czyli ich rozstaw, wysokość nad progami oraz menzurę.

Siodełko umieszczone jest pod kątem, odchylając się względem najgrubszych strun. Spowodowane jest to tym, że mimo ustalonej menzury dla położenia mostka, każdą strunę należy wyregulować oddzielnie ze względu na jej grubość. Dlatego stosuje się zabieg szlifowania siodełka w miejscu oparcia struny zmniejszając jej czynną długość. Można kupić siodełka o zmiennej wysokości, jednak i one wymagają pewnego dostosowania. Firma Takamine stosuje w swoich gitarach dwa siodełka skośnie zamocowane na mostku, zmniejszając tym problematyczną regulację menzury. W mostku wywiercone są otwory przechodzące na wylot przez płytę wierzchnią. W otworach znajdują się stożkowe kołki odpowiedzialne za utwierdzenie strun. Konstrukcja mostka większości gitar akustycznych jest przyklejona do płyty wierzchniej, a pod nią między żebrami przyklejona jest płytka z twardego drewna o równoległym do płyty układzie słoj. Taki zabieg ma wzmocnić konstrukcję ze względu na to, że struny zablokowane między kołkiem a płytą, podczas działania siły naciągu mogłyby wyrwać się z otworu niszcząc przy tym instrument. Na rynku można spotkać konstrukcje gitar z metalowym mostkiem typowym dla gitar elektrycznych, tzw. tune-o-matic. Góralski, 1996)

3.6.2. Szyjka gitary akustycznej

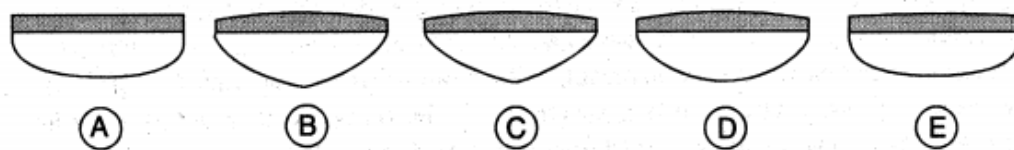
Gryfy gitarowe składają się z szyjki, mechanizmu napinającego (najczęściej w postaci stalowego pręta) oraz podstrunnicy. Na główce gryfu zamontowane jest siodełko strunowe oraz stroiki zwane kluczami. Odpowiednio zamocowany do pudła rezonansowego gryf powinien być połączony z nim na „jaskółczy ogon”(rys. 19.) oraz przyklejony do zewnętrznej części korpusu.



Rys. 19. Sposób łączenia szyjki z korpusem. (Denyer, 1992)

Kształt przekroju szyjki jest cechą odpowiedzialną wyłącznie za wygodę gry na instrumencie i jest to kwestia indywidualna dla każdego muzyka, zatem na rynku gitar w Polsce i na świecie można znaleźć gitary o przeróżnym profilu. Tradycyjny sposób formowania kształtu szyjki polegał na skrawaniu elementu ośnikiem w celu uzyskania

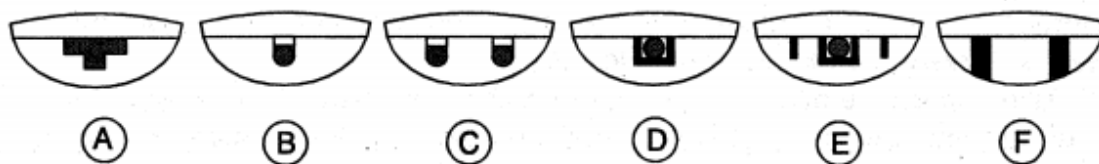
pożądanego kształtu. Dziś, szczególnie przy produkcji przemysłowej, kształt nadawany jest na drodze obróbki frezowaniem przy użyciu maszyn CNC. Wyróżnia się kilka podstawowych kształtów przekroju gryfu (rys. 20.): [Góralski, 1996]



Rys. 20. Przekroje szyjek gitarowych (Góralski, 1996)

- A. – Płaska szyjka gitary, typowa dla gitar klasycznych. Określana jako D
- B. – Jeden z pierwszych profili przekroju gryfu gitar akustycznych. Hard V
- C. – Przekrój gryfu w kształcie Soft V
- D. – Przekrój gryfu w kształcie C
- E. – Przekrój gryfu w kształcie Thin D

Mechanizm napinający to metalowy (najczęściej z wysokogatunkowej stali węglowej) pręt z gwintowaną końcówką oraz nakrętką pozwalającą na regulację napięcia gryfu. Pręt wpuszczany jest w wyfrezowany na ogół wzdłuż osi symetrii szyjki kanał przykryty podstrunnica. Może się zdarzyć, że jego ułożenie jest skośne do osi szyjki lub sam pręt wygięty jest łukowo (gitary marki Fender). Nakrętka do regulacji może być umieszczona u nasady gryfu z doświadczeniem od wewnątrz pudła rezonansowego (gitary marki Martin) lub wypuszczona od strony główki gitary i przykryta płytką maskującą (gitary marki Gibson). Wraz z ewolucją gitar pojawiły nowe się oparte o patent rozwiązania wzmacniające (rys. 21.) w postaci stosowania profili o dużej sztywności, których zadaniem jest wspomaganie pracy pręta regulacyjnego. [Góralski, 1996]



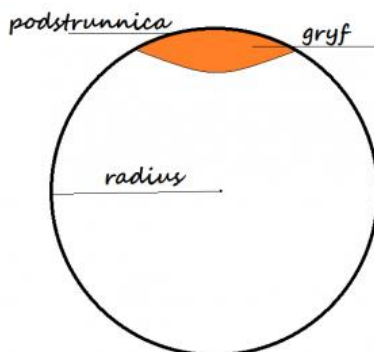
Rys. 21. Mechanizmy napinające w szyjkach gitar akustycznych (Góralski, 1996)

- A. – Mechanizm bez możliwości regulacji. Teownik.
- B. – Mechanizm w postaci pręta z gwintowaną końcówką i nakrętką
- C. – Mechanizm dwuprętowy (firma Harptone, Rickenbacker)
- D. – Mechanizm umieszczony w profilu metalowym

E. – Mechanizm umieszczony w profilu z dwoma płaskownikami grafitowymi.
(Yamaha)

F. – Brak mechanizmu regulacji. Wstawki z kompozytu grafitowego.

Wierzchnia część szyjki przykryta jest nasadką z twardego drewna, czyli podstrunnica. Podstrunnica w gitarach akustycznych na ogół jest wypukła. Promień zaokrąglenia jej powierzchni zwany radiusem (rys. 22.) wynosi od 9° do 12° i jest stały na całej długości chwytни. [Góralski, 1996]



Rys. 22. Radius podstrunnicy. (ciszatezgra.pl)

W ostatnich latach firmy takie jak Schecter i Jackson wprowadziły do sprzedaży gitary o zmiennym radiusie podstrunnicy. Podstrunnice ze zmiennym radiusem mają promień spłaszczający się wraz ze skracaniem odległości do pudła rezonansowego.

Podstrunnica wyposażona jest w metalowe progi wtlaczane do wcześniej przygotowanych nacięć określających odległość dźwięków według wyliczeń matematycznych lub analizy komputerowej w oparciu o przyjętą menzurę (długość czynną strun) instrumentu. Drut progowy dostępny jest w kilkunastu wariantach wymiarowych i materiałowych. W podstrunnicach montuje się również tzw. markery pomagające gitarzyście w orientacji na gryfie. Markery wykonywane są najczęściej z drewna lub żywicy. [Góralski, 1996]

Gryf gitary wieńczy główka na której znajdują się maszynki do naciągania strun. Coraz rzadszym widokiem jest główka rzeźbiona równolegle z osią gryfu. Doklejając główkę pod kątem względem szyjki polepsza się wytrzymałość gryfu i jego właściwości akustyczne. [Góralski, 1996]

4. PROJEKT

4.1. Założenia konstrukcyjne

Jak uczy wykorzystana w niniejszej pracy literatura naukowa, konstruując instrument należy na początku określić pewne założenia konstrukcyjne definiujące przeznaczenie i możliwości docelowego instrumentu. W ramach przygotowania dokumentacji technologicznej i omówienia zagadnienia budowy gitar przyjęto zatem, że konstruowana gitara akustyczna ma prezentować typowe i popularne rozwiązania stosowane przy produkcji drewnianych gitar akustycznych. Przedmiotem opisu jest zatem wykonana z półfabrykatów drewna rezonansowego, grająca szerokim pasmem częstotliwości, pełnowymiarowa gitara akustyczna z rodziny flat-top ze swobodnym dostępem do 14 pozycji na gryfie, pochyloną główką, w klasycznej, sześciostrunowej konfiguracji i popularnej wielkości menzury wynoszącej 25,5 cala.

Bazowym parametrem instrumentu jest menzura. Określa ona długość strun pomiędzy siodełkiem szyjki, a siodełkiem mostka (Góralski, 1996), zatem pozwala przejść w dalszym etapie do określania gabarytów i kształtu instrumentu. Przyjęto menzurę wynoszącą 25,5", czyli 647,7mm. Taką długość czynną strun posiada znaczna większość gitar akustycznych ze względu, iż jest to sprawdzone rozwiązanie stosowane przez producentów gitar od wielu lat. Menzura takiej długości pozwala osiągnąć bogate pasmo częstotliwości, a z racji nastawienia się na konstruowanie pełnowymiarowego instrumentu jest to cecha pożądana. Rozstaw progów należy liczyć według wzoru na teoretyczne odległości pomiędzy progami zgodnie z ogólnie przyjętymi wzorami[Góralski, 1996]:

$$\frac{\text{menzura instrumentu}}{17,817} = x$$

gdzie:

17,817 – stała określająca teoretyczną proporcję rozstawu progów

x – odległość między siodełkiem szyjki, a progiem nr 1

$$\frac{\text{menzura instrumentu} - x}{17,817} = y$$

gdzie:

17,817 – stała określająca teoretyczną proporcję rozstawu progów

x – odległość między siodełkiem szyjki, a progiem nr 1

y – odległość między progiem nr 1, a progiem nr 2

$$\frac{\text{menzura instrumentu} - x - y}{17,817} = z$$

gdzie:

17,817 – stała określająca teoretyczną proporcję rozstawu progów

x – odległość między siodełkiem szyjki, a progiem nr 1

y – odległość między progiem nr 1, a progiem nr 2

z – odległość między progiem nr 2, a progiem nr 3

Tabela 1. Długości odcinków między poszczególnymi progami na gryfie wyliczone na podstawie przyjętych wzorów. (materiały autora)

L. p.	Odcinki między progami [nr]	Długość odcinka [mm]:
1.	Siodełko szyjki - 1	36,35
2.	1 - 2	34,31
3.	2 - 3	32,39
4.	3 - 4	30,57
5.	4 - 5	28,85
6.	5 - 6	27,23
7.	6 - 7	25,71
8.	7 - 8	24,26
9.	8 - 9	22,90
10.	9 - 10	21,62
11.	10 - 11	20,40
12.	11 - 12	19,26
13.	12 - 13	18,18
14.	13 - 14	17,16
15.	14 - 15	16,19
16.	15 - 16	15,28
17.	16 - 17	14,43
18.	17 - 18	13,62
19.	18 - 19	12,85
20.	19 - 20	12,13

Wyniki w tabeli rozstawu progów (tabela 1.) zaokrąglono do części setnych z przyczyn praktycznych. Nie ma potrzeby podawania wyników z większą dokładnością. Suma odcinków wyniosła 443,69mm. Przyjęto naddatek długości ze względu na to, że bez niego osadzenie progów nr 20 byłoby niemożliwe. Na tym etapie należy wybrać siodełko mostka oraz siodełko szyjki. Dzięki temu można określić szerokość podstrunnicy w jej

końcach. Przyjęto, że w niniejszym projekcie zastosowane będą siodełka firmy Graph Tech Labs wykonane z opatentowanego materiału TUSQ, imitującego właściwościami kość słoniową. Gryf został wyposażony w fabrycznie nacięte siodełko o szerokości 43,41mm i oznaczeniu producenta GT PQ M600 00(rys. 23). Podstawek mostka to fabryczny model GT PQ 9280 C0(rys. 24.) o szerokości 73,15mm.

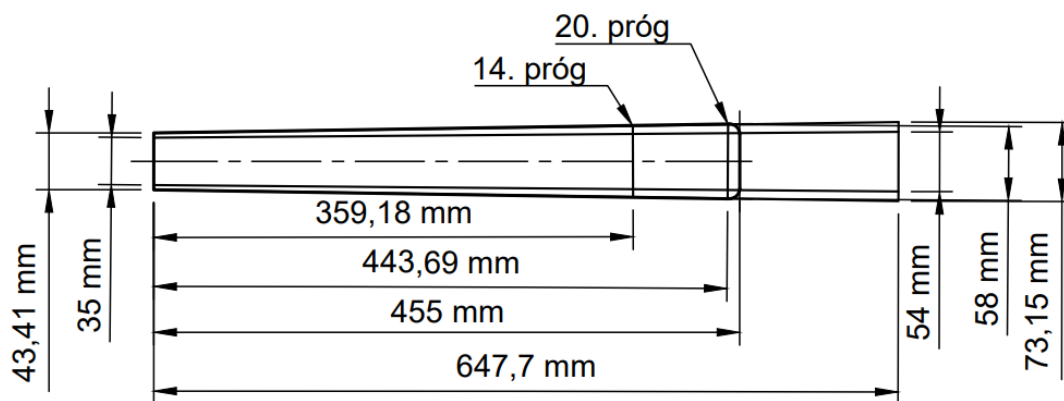


Rys. 23. Siodełko szyjki Graph Tech PQ M600 00. (thomann.de)



Rys. 24. Siodełko mostka Graph Tech PQ 9280 C0. (muzyczny.pl)

Wymiary podstrunnicy (Rys. 25.) określono przy pomocy analizy oprogramowania CAD Autodesk Fusion360 na podstawie rysunku rozstawu strun w oparciu o metodę graficznego określania wymiarów podstrunnicy [Hiscock, 1998]. Szerokość podstrunnicy w najwęższym miejscu wynosi 43,5mm, a w najszerszym 58mm. Z analizy komputerowej wynika również, że szerokość szyjki w miejscu łączenia się z pudłem rezonansowym musi wynosić 54mm. Rozstaw strun na siodełku mostka wynosi 54mm. Rozstaw strun na siodełku szyjki jest definiowany przez producenta siodełka i wynosi 35mm.



Rys. 25. Wymiary podstrunnicy i rozstaw strun gitary opisywanej w projekcie. (materiały autora)

Korpus gitary (rys. 26.) zaprojektowano na podstawie ogólnodostępnego wzorca stylistycznego określanego jako Auditorium, co miało na celu uzyskanie pełniejszego (w stosunku do pełnowymiarowych gitar Dreadnought) pasma częstotliwości brzmienia. Przyjęto długość korpusu wynoszącą 492 cm. Gabaryt długości został przyjęty na podstawie analizy wymiarów gitar w kształcie Auditorium dostępnych w ogólnej sprzedaży. Z przyczyn ergonomicznych przyjęto, że grubość pudła rezonansowego wynosić ma 12 cm. Płyta wierzchnia ma zostać wyprodukowana z półfabrykatów w postaci dwóch obłogów drewna klonowego. Boki oraz dno ma zostać wykonane z półfabrykatów w postaci obłogów drewna mahoniowego. Należy wybierać obłogi o pożądanym dla drewna rezonansowego cechach.



Rys. 26. Wizualizacja płyty wierzchniej. Kształt Auditorium. (materiały autora)

Przy nadawaniu kształtu obłogom przeznaczonym na boki korpusu niezbędne jest przygotowanie formy giętarskiej wyprofilowanej pod wybrany kształt pudła rezonansowego. (Rys. 27. oraz 28.). Na potrzeby projektu założono wykonanie dolnej formy kształtującej i górnej dociskającej do giętarki z płaszczem grzewczym. Formy mają być wykonane ze skreślonych na odpowiednią grubość płyt sklejkowych 18mm.



Rys. 27. Przykładowa forma zewnętrzna do profilowania boków pudła rezonansowego wykonana z płyt wiórowych. (materiały autora)



Rys. 28. Profesjonalna giętarka z opcją kontroli temperatury do gięcia formatek bocznych gitary. (lmii.com)

Na podstawie metody graficznego określania wymiarów podstrunnicy określono także położenie otworów na kołki naciągu mostka, definiujących położenie samego mostka. Średnica otworów wynika z wybranego modelu kołków. W tym przypadku zdecydowano się na tradycyjne kołki firmy Graph Tech Labs model GT PP 1000 00, które zostaną przygotowane otwory o średnicy 5mm(rys. 29.).



Rys. 29. Kołki strunociągu GT PP 1000 00. (www.muziker.pl)

Wokół otworu rezonansowego o standardowym wymiarze stosowanym w większości gitar akustycznych dostępnych na rynku tworzy się okrągłą rozetę zdobiacą(rys. 30.). W przypadku niniejszego projektu zdecydowano się na rozetę w postaci inkrustacji okręgiem z drewna mahoniowego. Rozetę można przyklejać przy pomocy kleju kotaktowego. (rys. 38.). Co do samego położenia otworu rezonansowego względem menzury nie ma jasnej zasady. Niektórzy producenci umieszczają go nawet na bocznej części korpusu. W przypadku tego projektu otwór został umieszczony w taki sposób, aby znalazł się on w wygodnym dla dorosłego człowieka orientacyjnym miejscu szarpania strun.



Rys. 30. Wizualizacja otworu rezonansowego z rozetą zdobiacą. (materiały autora)

Wewnętrzne płaszczyzny dna oraz płyty wierzchniej są miejscem, do którego przykleja się wzmacniające ożebrowanie. Tu również nie ma jednoznacznej zasady w jaki sposób to ożebrowanie projektować. W przypadku tego projektu wykorzystano powszechny wzorec ożebrowania płyty wierzchniej(rys. 31.) w typie A (Góralski, 1996) dostosowany do wymiarów pudła i położenia mostka gitary oraz standardowy dla ożebrowania dna

gitary(rys. 32.) wzorec krzyżowy (Denyer, 1992). Estetyka i wysoka dokładność wymiarowa nie ma aż takiego znaczenia w tym przypadku, choć na pewno wpływa na wartość samego instrumentu. Mostek wykonany ma być z twardego gatunku drewna. W tym przypadku zdecydowano się na użycie drewna palisandrowego, identycznego jak materiał podstrunnicy. Konstrukcja gitary akustycznej wymaga wzmocnienia płyty wierzchniej w miejscu mocowania kołków mostka, aby uniknąć jej zniszczenia przez siłę naciągu wynoszącą w przybliżeniu 70kg (Góralski, 1996). W tym celu od spodu płyty w miejscu otworów na kołki umieszczona zostaje płytka palisandrowa o grubości odpowiadającej płycie wierzchniej i przebiegu słoików prostopadle do ułożenia słoików płyty wierzchniej. Projekt zakłada ożebrowanie wykonane ze świerku drobno słoistego. Boki z płytami rezonansowymi spaja kerfing oraz klocki wykonane ze świerku drobno słoistego umieszczone w osi instrumentu. Kerfing to jest nacinana listwa pozwalająca na swobodne formowanie jej wokół danego kształtu.

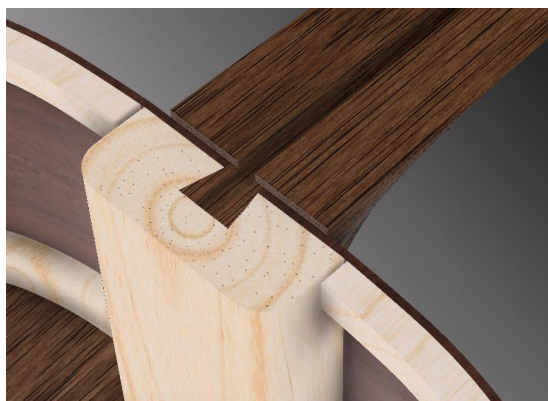


Rys. 31. Wizualizacja ożebrowania płyty wierzchniej gitary akustycznej. (materiały autora)



Rys. 32. Wizualizacja ożebrowania dna gitary akustycznej. (materiały autora)

Kłoczek montowany w górnej części pudła rezonansowego jest jednocześnie miejscem mocowania gryfu do pudła rezonansowego na tzw. jaskółczy ogon(rys. 33.).



Rys. 33. Połączenie gryfu z pudłem rezonansowym. (materiały autora)

Zakłada się, że gryf wykonany będzie z tego samego materiału co boki i dno pudła rezonansowego. Według założeń projektu kształt gryfu ma przypominać profil w kształcie litery C. Gryf uzbrojony ma być w pręt napinający o prostej konstrukcji z nakrętką regulującą do której dostęp znajdować się ma na główce gryfu. Zakłada się, że główka gryfu (rys. 34.) ma być pochylona pod kątem 15 stopni oraz zdobiona nakładką wykonaną z obłogu klonowego. Układ maszynek strojących na gryfie to klasyczny dla gitar akustycznych symetryczny rozkład tzw. „3+3”. Zdecydowano się zastosować klucze marki Schaller model SC501190 (rys. 35.), dla których należy przygotować w główce otwory o średnicy 8,3mm. Pomiędzy nakładką główki, a podstrunnicą należy zostawić kanał o szerokości 5,8mm na wybrany model siodełka szyjki.



Rys. 34. Wizualizacja główki gitary akustycznej. (materiały autora)



Rys. 35. Klucz naciągu Schaller SC501190. (muzyczny.pl)

Technologią łączenia elementów konstrukcyjnych w przypadku gitar z pudłem rezonansowym jest klejenie. Gitary są instrumentami delikatnymi na zmiany wilgotności. Nie ma potrzeby stosowania klejów wodoodpornych, bo w domyśle instrument nie powinien mieć kontaktu z wilgocią. Zastosowanym klejem według założeń projektowych jest klej dyspersyjny na bazie żywicy alifatycznej ze względu na łatwość aplikacji i dużą wytrzymałość spoin. Przykładem są kleje polioctanowinyłowe marki Titebond powszechnie stosowane w lutnictwie. Parametry kleju Titebond Ultimate III przedstawione są na rys. 36. Mocowanie siodełek oraz progów odbywa się przy użyciu kleju cyjanoakrylowego (rys. 37.).

Informacje o produkcie:

PARAMETRY FIZYKO-CHEMICZNE

Baza chemiczna: Polioctan winylu (sieciujący) Barwa kleju: jasnobrązowa

Zawartość ciał stałych (%): 52

Lepkość (mPas): 3000 - 5000

Sugerowana min. temperatura użytkowania: 30°C pH: 4,0

Odporność na zamrażanie: tak

INSTRUKCJA STOSOWANIA

Wilgotność materiału: Wilgotność klejonego materiału powinna wynosić 6-10%. Zbyt wysoka wilgotność

powoduje znaczne wydłużenie czasu wiązania kleju.

Przygotowanie materiału do klejenia: Materiał powinien być przygotowany do klejenia i klejony w tym samym dniu. Zachowywać odpowiednią równość klejonych powierzchni. Powierzchnie powinny być wolne od zabrudzeń pyłem drzewnym.

W celu osiągnięcia równego rozkładu ciśnień podczas klejenia, różnica grubości klejonego materiału nie może przekraczać $\pm 0,15$ mm. Maksymalna strzałka ugięcia klejonego materiału : 1,5 mm.

Naniesienie: Naniesienie jednostkowe wynosi generalnie 120-150 g/m². W przypadku materiałów porowatych lub o nierównych powierzchniach w/w wartości mogą ulec zwiększeniu.

Czas otwarty: 7-9 min. Czas otwarty uzależniony jest od ilości naniesionego kleju, porowatości klejonego materiału, wilgotności drewna, temperatury klejenia i innych.

Ciśnienie prasowania: Ciśnienie prasowania zależne głównie jest od gatunku klejonego drewna. Sugerowane wartości to : dla drewna gatunków miękkich : 7.0-10.5 Kg/cm²; średnio twardych: 8.8-12.3 Kg/cm²; twardych : 12.3-17.6 Kg/cm².

Czas prasowania: 10-20 min. (w 20°C) Czas prasowania jest zależny od gatunku drewna, wilgotności drewna, temperatury klejenia. Prosimy sprawdzić wartość wskaźnika szybkości klejenia wg. metody Franklin International. Wyższa wartość wskaźnika wskazuje na możliwość krótszego czasu prasowania.

Czynności po sklejeniu: Po wyjęciu elementu z prasy spoina osiąga wytrzymałość początkową pozwalającą na operacje manipulacyjne. Zaleca się obróbkę mechaniczną na drugi dzień od sklejenia, w celu uniknięcia zmian wymiarów sklejonego materiału spowodowanych działaniem reszty wilgoci pozostałej w spoinie klejowej.

Czyszczenie: Do zmycia mokrego kleju należy używać zimnej wody. W przypadku częściowego wyschniętego kleju zastosować wodę gorącą. W przypadku całkowitego zaschnięcia kleju najlepsze efekty czyszczące uzyskuje się stosując gorącą parę. W celu uniknięcia zabrudzeń przez klej urządzeń i narzędzi polecamy zastosowanie środka antyadhezyjnego.

Rys. 36. Klej Titebond Ultimate III - Parametry techniczne i zalecenia producenta
(sklep.titebond.pl)



Technical Data Sheet

TDS B406 CYANOACRYLATE ADHESIVE

Revised 03.08.10

Bondloc B406 Cyanoacrylate Instant Adhesive

APPLICATIONS

B406 bonds metals, plastics, wood, ceramics, rubber, leather, card, glass and many other materials.

INSTRUCTIONS FOR USE

Clean and dry surfaces to be bonded. Apply adhesive sparingly to one surface and assemble parts. Hold or clamp parts together for 60 seconds. Leave for 1 hour to fully cure. Activators and primers may be used to aid bonding.

LIQUID PROPERTIES

Ester base	Ethyl cyanoacrylate
Appearance	Clear, colourless
Specific Gravity 25°C	1.06 g/cm ³
Shelf life	12 months unopened
Viscosity @ 25°C	25 - 35 mPas

CURED PERFORMANCE

Cured speed

Defined as the time taken to develop a strength of 0.1N/mm² at 22°C and 50% relative humidity.

Balsa	<2 seconds
Nitrile	<5 seconds
Neoprene	<5 seconds
EPDM	<5 seconds
Steel	25-40 seconds
Polycarbonate	10-30 seconds
ABS	10-15 seconds

SHEAR STRENGTH

Steel	15-25 N/mm ²
Aluminium	7-10 N/mm ²
Nitrile Rubber	5-10 N/mm ²
Polycarbonate	5-10 N/mm ²
ABS	6-10 N/mm ²

TENSILE STRENGTH

Nitrile Rubber	5-15 N/mm ²
Neoprene	5-15 N/mm ²
EPDM	2-6 N/mm ²

TEMPERATURE RESISTANCE

Tested on mild steel cured for 24 hours, conditioned to test temperature for 1 hour before pull-test.

ENVIRO-CHEMICAL RESISTANCE

Exposed to conditions for 1000 hours at 22°C except for 98% RH which had an exposure of 42°C.

STORAGE

Bondloc cyanoacrylates should ideally be stored in original sealed containers until used. Containers should be stored between 2°C and 10°C with a maximum storage temperature of 25°C. Avoid exposure to strong light and heat sources. Refrigeration can prolong shelf life.

PRESENTATION

Bottles.....10gm, 20gm, 50gm, 500gm

UWAGA

Niniejsza karta techniczna określa zakres stosowania materiału i sposób prowadzenia robót, ale nie może zastąpić zawodowego przygotowania wykonawcy. Oprócz podanych informacji prace należy wykonywać zgodnie ze sztuką budowlaną i zasadami BHP.

Producent gwarantuje jakość wyrobu, natomiast nie ma wpływu na warunki i sposób jego użycia. W przypadku wątpliwości należy wykonać własne próby stosowania.

Wraz z ukazaniem się tej karty technicznej tracą ważność karty wcześniejsze.

SKŁADOWANIE

Do 24 miesięcy od daty produkcji. Przechowywać w szczelnie zamkniętych oryginalnych opakowaniach, w temperaturze pokojowej. Opakowania przechowywać szczelnie zamknięte, również w trakcie krótkotrwałych przerw w pracy, aby zapobiec odparowaniu rozpuszczalnika. Unikać temperatur poniżej +5°C oraz powyżej +50°C.

W trakcie transportu nie wymaga ogrzewanego samochodu. Dopuszczalny jest spadek temperatury do -10°C w czasie nie dłuższym niż 3 dni.

W przypadku, gdy materiał był przechowywany w temperaturze poniżej +5°C lub został zmrożony, należy klej, wolno zaaklimatyzować do temperatury około +20°C. Nie wpływa to w żaden sposób na jego parametry robocze oraz techniczne.

OPAKOWANIA

Dostępne opakowania:

- puszka metalowa: 300 ml, 800 ml i 5 l,
- tubka metalowa: 50 ml.

DANE TECHNICZNE

Baza:	polichloropren
Konsystencja:	płynna
Gęstość:	około 0,89 g/cm ³
Odporność termiczna:	od -40°C do +110°C
Temperatura stosowania:	od +18°C do +25°C, sucha i ciepła atmosfera przyspiesza, zimno opóźnia proces parowania rozpuszczalnika
Zużycie:	250-350 g/m ² przy dwustronnym nakładaniu kleju
Wytrzymałość końcowa wg DIN EN 205:	osiągana jest po 3 dniach
Czas odparowania rozpuszczalnika w temperaturze pokojowej:	10-15 min

BEZPIECZEŃSTWO PRODUKTU

Patrz karta charakterystyki Pattex Universal Classic.

Rys. 38. Karta techniczna kleju kontaktowego Pattex Universal Classic



Montaż progów(rys. 39.) odbywa się poprzez nabijanie lub wtlaczanie przy pomocy prasy drutu progowego. Aby zapobiec wypadaniu progów na skutek zmian wymiarowych spowodowanych zmianami wilgotności, trzpień progów smaruje się klejem przed zamocowaniem. Wbity próg należy dociąć i wyszlifować jego krańce, aby nie powodował zranienia dłoni osoby grającej. Warto robić ten zabieg przed pokrywaniem gitary powłoką ochronną, gdyż kanały wpustowe progów również zostaną dzięki temu zabezpieczone na dalszym etapie produkcji. Zdecydowano się wykorzystać drut progowy od producenta Sintoms, oznaczenie katalogowe SS265105Sw.p.



Rys. 39. Zamontowane progi na podstrunnicy o radiusie 400mm. Wizualizacja.

(materiały autora)

Istotnym elementem wykończenia jest powłoka lakiernicza. Powinno się wybrać taki lakier, który zabezpieczy instrument przed działaniem wilgoci oraz nie będzie pękał pod wpływem pracy drewna. Środowisko lutnicze nie poleca stosowania lakierów nitrocelulozowych i akrylowych, gdyż szybko degradują wraz upływem czasu co objawia się łuszczeniem, przebarwianiem i wycieraniem, a w przypadku lakierów akrylowych odbija się to negatywnie na tłumieniu częstotliwości drgań. W projekcie założono wykorzystanie poliuretanowego lakieru transparentnego o wysokim połysku (rys. 40.)

		KARTA TECHNICZNA LPU132
PRODUKT NAZWA ZASTOSOWANIE APLIKACJA	LPU132 lakier poliuretanowy bezbarwny, wysoki połysk do frontów, powierzchni płaskich i ogólnie mebli natrysk, polewarka	
<u>Właściwości fizykochemiczne</u>		
Ciężar właściwy Części stałe (wag.) Lepkość produktu Czas życia mieszanki	1,000 ± 0,020 g/cm ³ w 20°C 57,0% ± 1 70" ± 5 (kubek DIN 4 w 20°C) 2h (w temp. 20°C)	
<u>Przygotowanie produktu</u>		
Produkt - LPU132 Utwardzacz - CTH46 Rozcieńczalnik - DPU809	100 części wagi 80-100 części wagi 30-40 części wagi (w temp. nie przekraczającej 25°C)	
<u>Charakterystyka aplikacji</u>		
Gramatura Ilość warstw Parametry schnięcia	100-130 g/m ² 1-2 pyłosuchość: 1h suchość dotykowa: 3h do ułożenia w stos: 48h	
Parametry schnięcia podano dla temperatury suszenia w 20°C. Obniżenie lub podwyższenie temperatury może spowodować wydłużenie lub skrócenie podanych czasów. Duże znaczenie dla czasów schnięcia powłok ma również odpowiednia wentylacja.		
<u>Właściwości ogólne</u>		
Lakier poliuretanowy bezbarwny o wysokim połysku, cechujący się bardzo dobrą rozlewnością i wypełnieniem. Wykazuje dobrą twardość powierzchni i odporność na zółknienie. Produkt odpowiedni do aplikacji przez natrysk lub polewarkę. W związku ze znaczną zawartością części stałych w lakierze zaleca się przestrzeganie podanej powyżej gramatury, a w okresie letnim zmniejszenie ilości utwardzacza do 80%, a także zastosowanie dodatku rozcieńczalnika wolnego DPU805, aby zapobiec tworzeniu się tzw. gazowania powłoki.		
<u>Termin przydatności</u> 12 miesięcy - przy przechowywaniu w oryginalnych, zamkniętych opakowaniach.		
		

Rys. 40. Karta techniczna lakieru poliuretanowego Sirca LPU132

4.2. Dokumentacja technologiczna

Na podstawie założeń konstrukcyjnych i opisanych wyliczeń został stworzony model 3D instrumentu przedstawiający jego finalną wersję. Model został podstawą do przygotowania rysunków wykonawczych i dokumentacji technologicznej. Wizualizację gotowego instrumentu przedstawia rysunek 41. oraz 42.



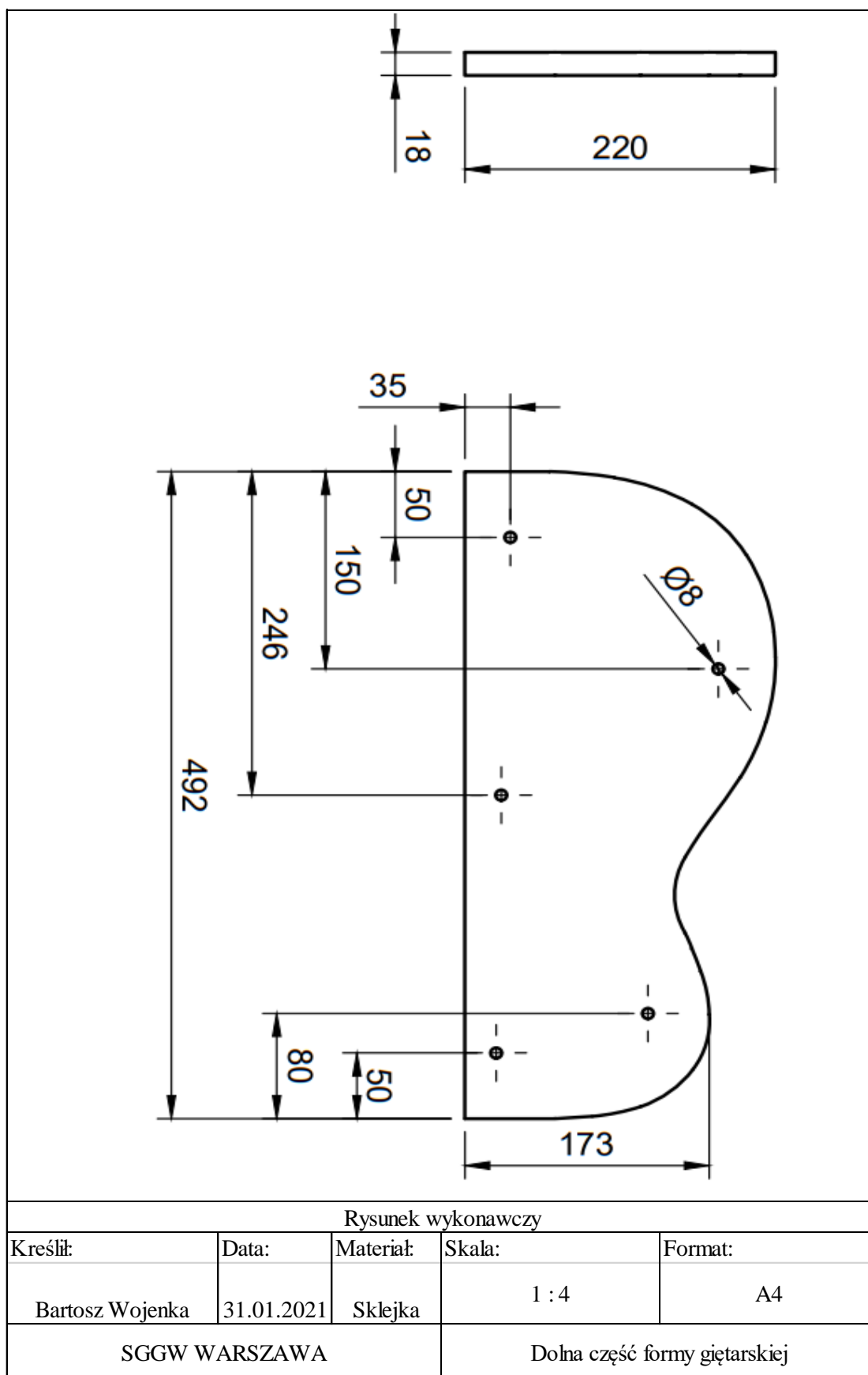
Rys. 41. Wizualizacja projektu gitary akustycznej. Perspektywa od frontu. (materiały autora)



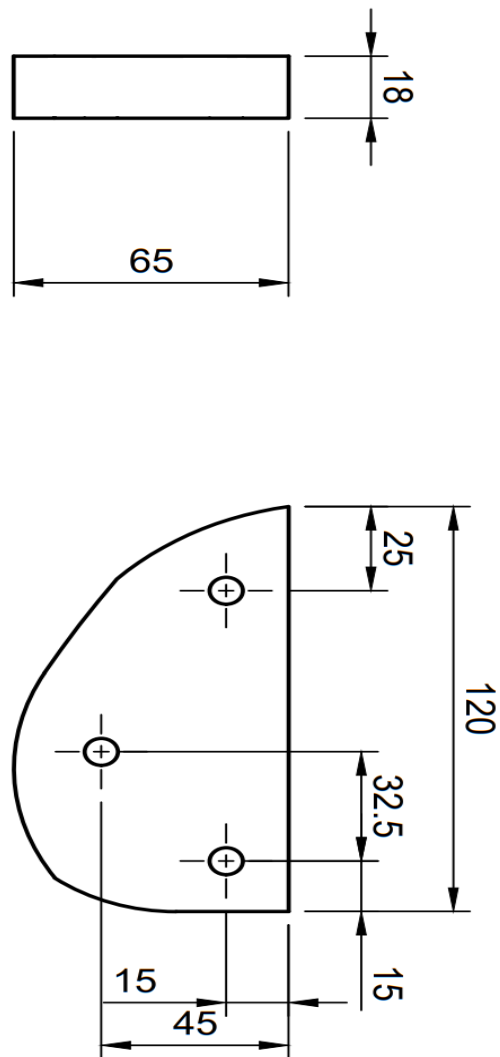
Rys. 42. Wizualizacja projektu gitary akustycznej. Perspektywa od tyłu. (materiały autora)

4.2.1. Rysunki wykonawcze

Rys. 39. Rysunek wykonawczy dolnej części formy giętarki

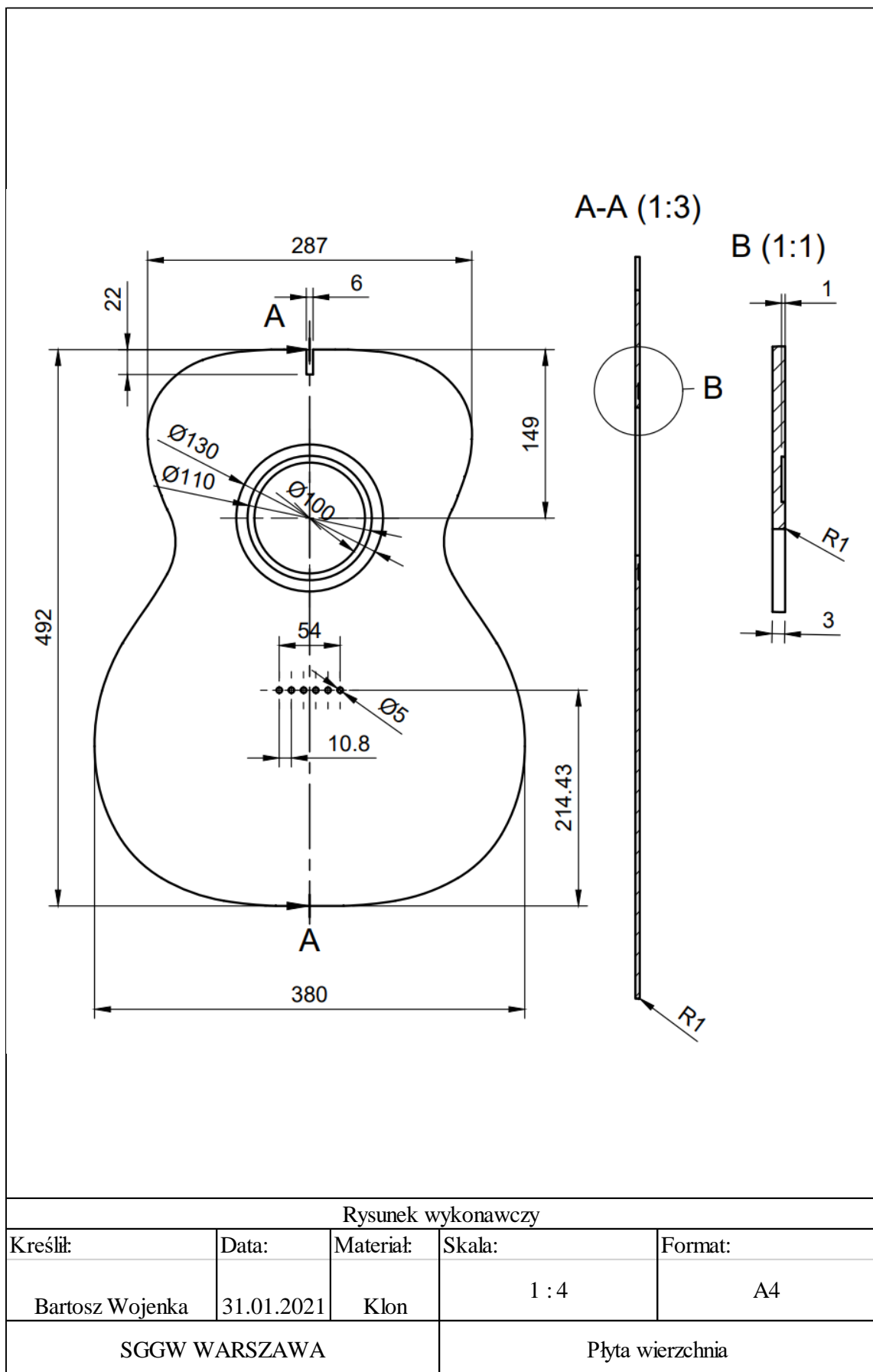


Rys. 40. Rysunek wykonawczy górnej formy dociskającej giętarki.

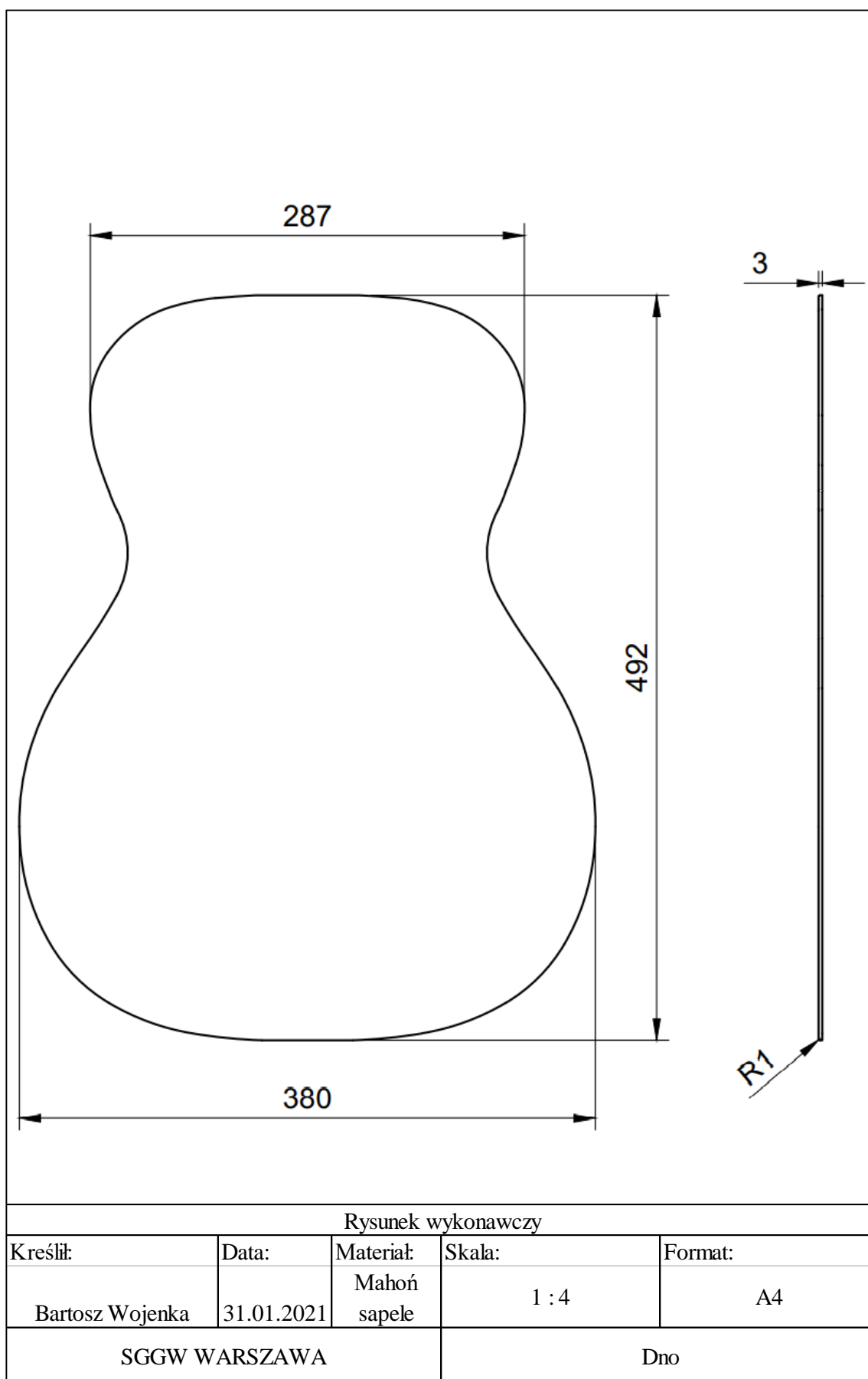


Rysunek wykonawczy				
Kreślił:	Data:	Materiał:	Skala:	Format:
Bartosz Wojenka	31.01.2021	Sklejka	1 : 2	A4
SGGW WARSZAWA			Forma dociskająca	

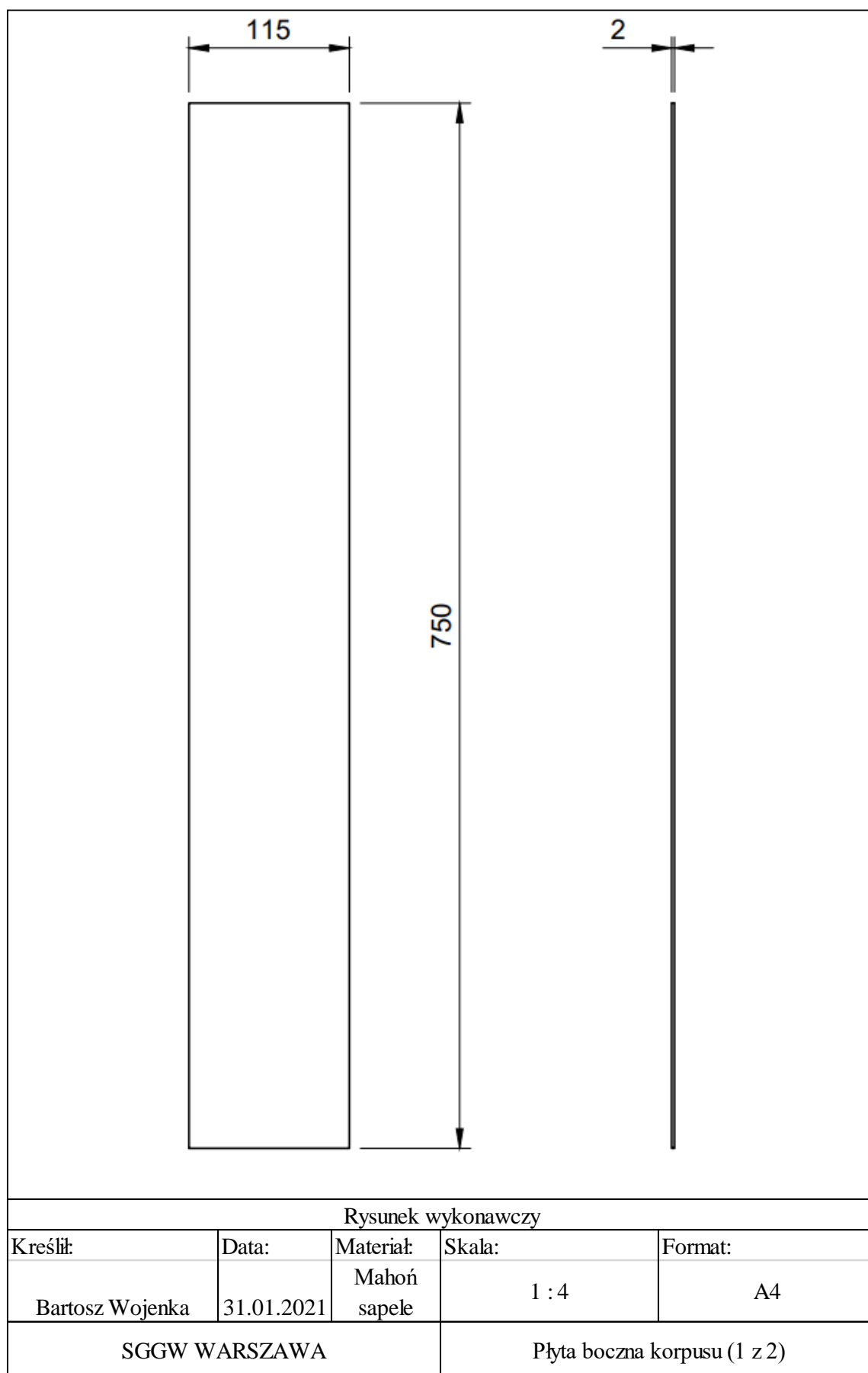
Rys. 41. Rysunek wykonawczy płyty wierzchniej korpusu.



Rys. 42. Rysunek wykonawczy dna korpusu.



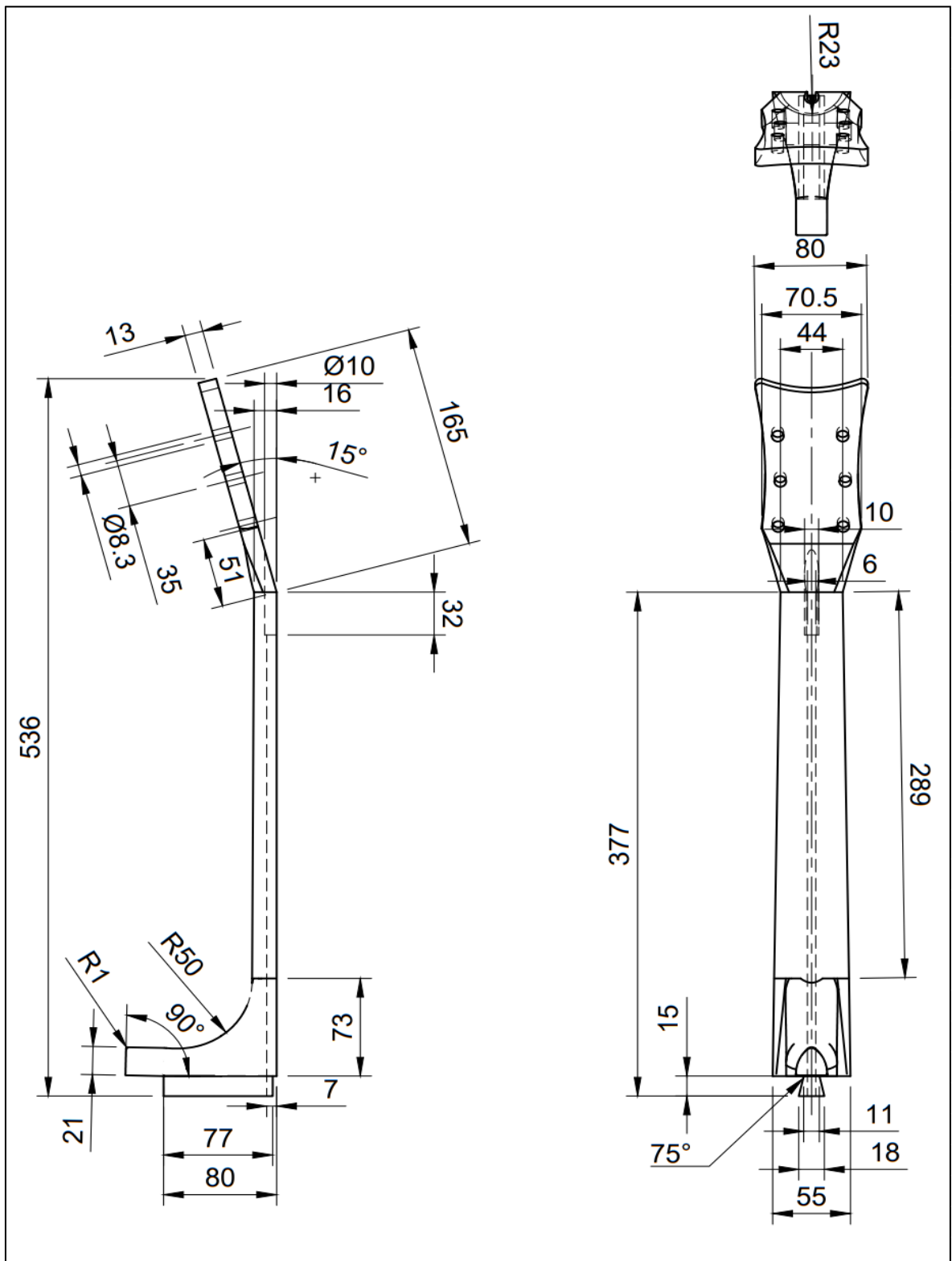
Rys. 43. Rysunek wykonawczy mahoniowych formatek przeznaczonych na boki korpusu.



A-A (1:1)

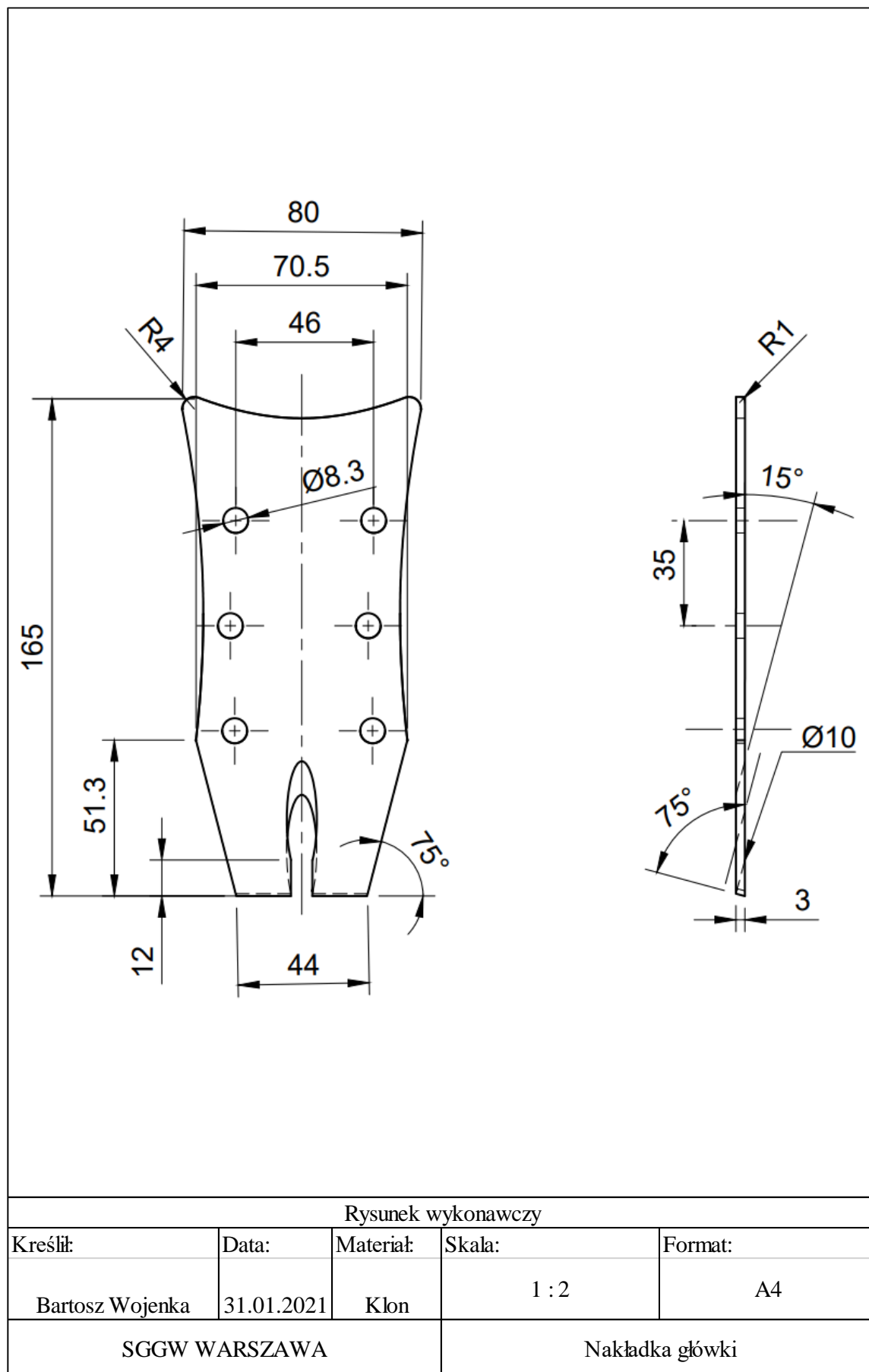
Rysunek wykonawczy				
Kreślił:	Data:	Materiał:	Skala:	Format:
Bartosz Wojenka	31.01.2021	Palisander	1 : 2	A4
SGGW WARSZAWA			Mostek	

Rys. 45. Rysunek wykonawczy szyjki gitary

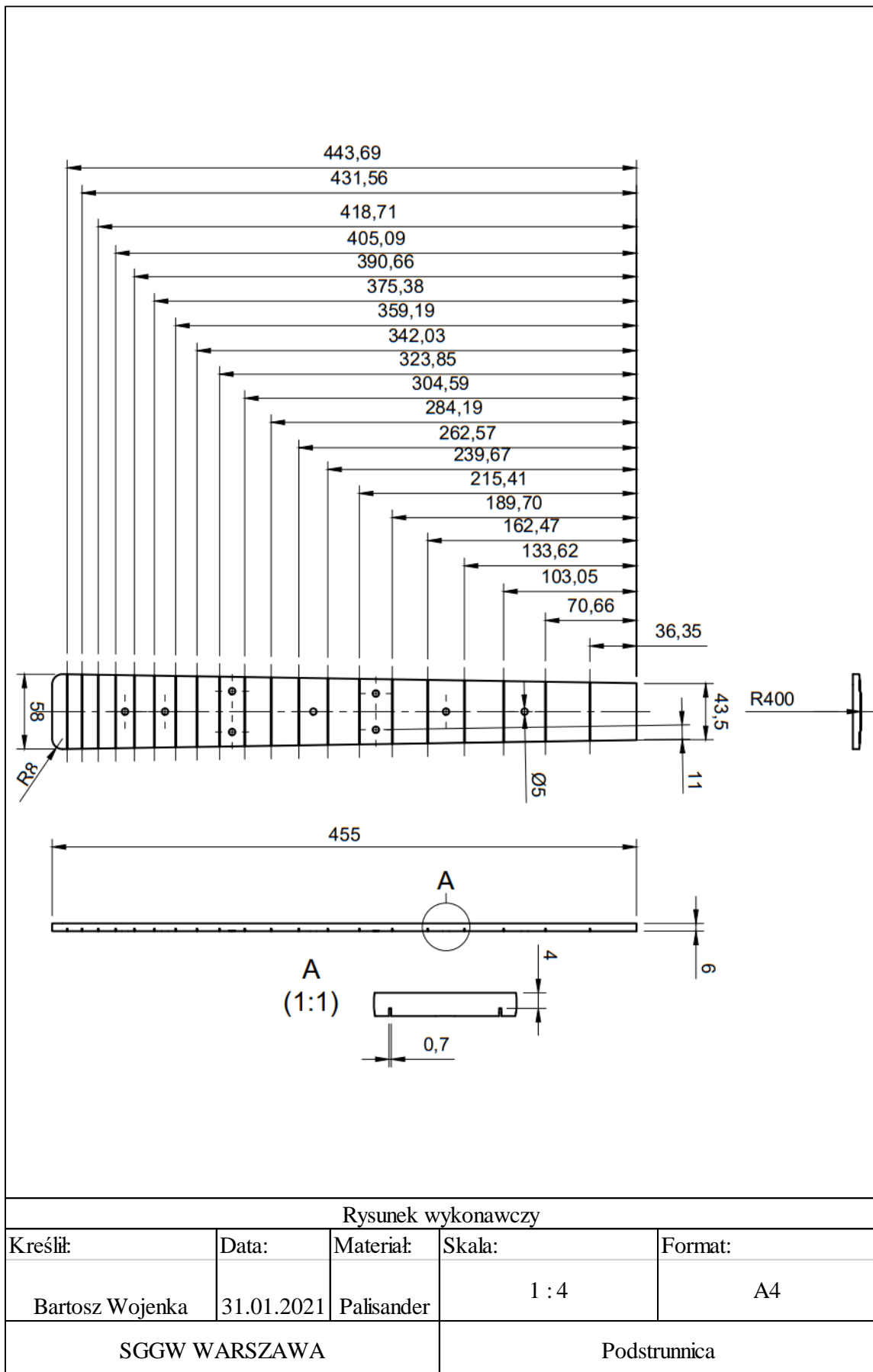


Rysunek wykonawczy				
Kreślił:	Data:	Materiał:	Skala:	Format:
Bartosz Wojenka	31.01.2021	Mahoń sapele	1 : 3	A4
SGGW WARSZAWA			Szyjka	

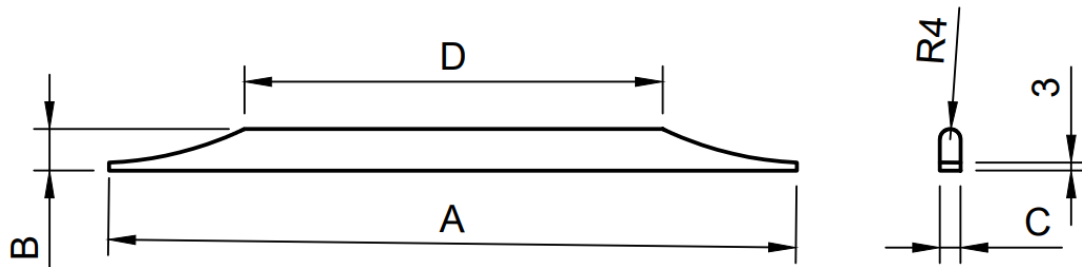
Rys. 46. Rysunek wykonawczy nakładki na główkę gryfu.



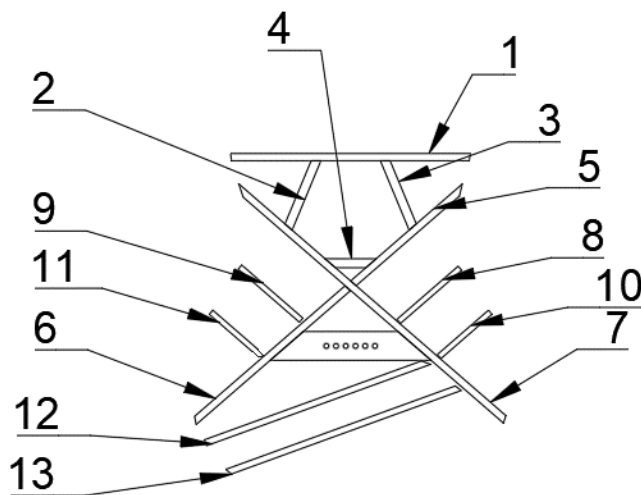
Rys. 47. Rysunek wykonawczy podstrunnicy.



Rys. 48. Sparametryzowany rysunek wykonawczy żeber płyty wierzchniej korpusu.



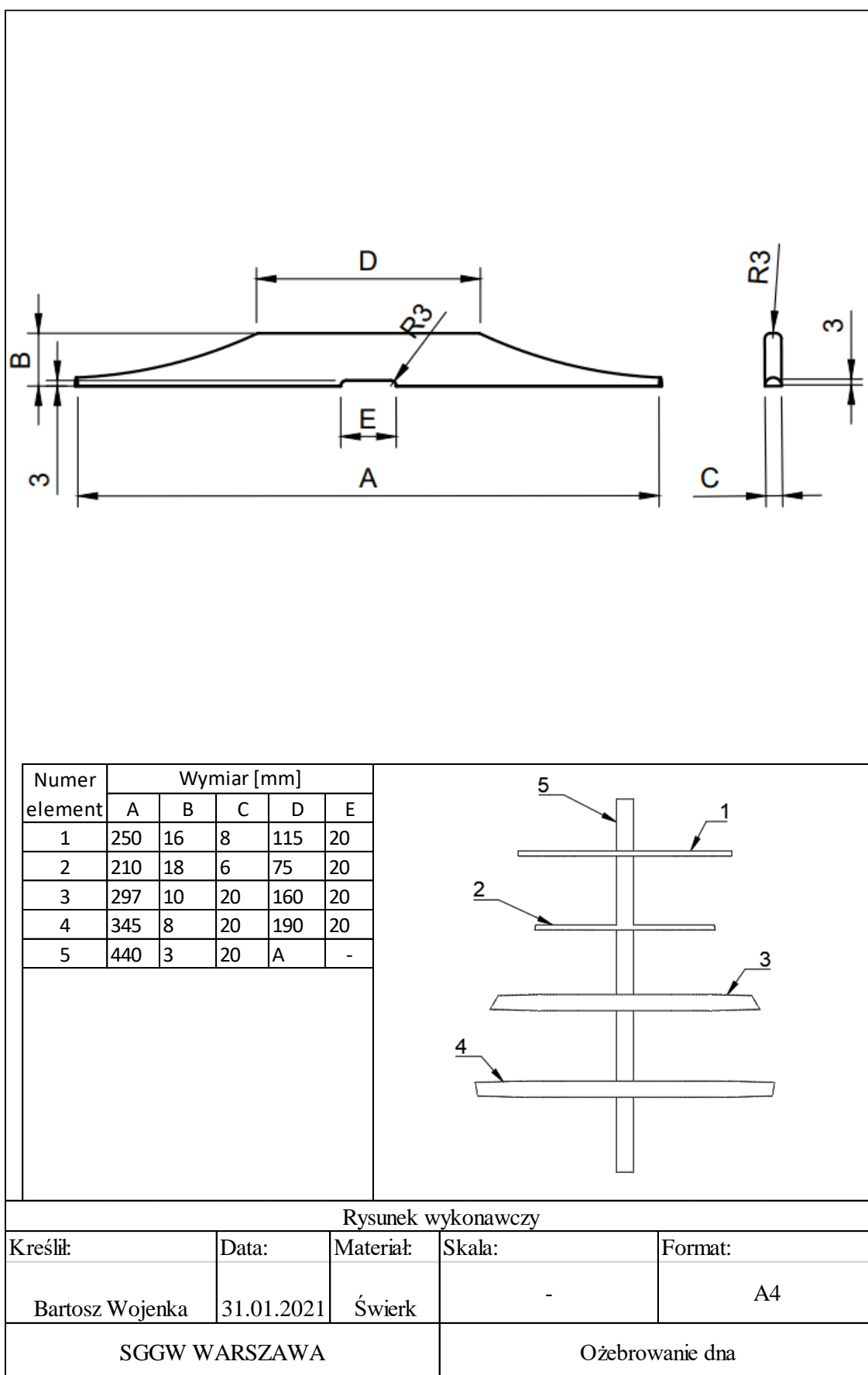
Numer element	Wymiar [mm]			
	A	B	C	D
1	265	12	8	160
2	80	4	6	A
3	80	4	6	A
4	38	4	6	A
5	152	12	8	100
6	220	12	8	130
7	380	12	8	50
8	90	6	6	35
9	90	6	6	35
10	75	6	6	30
11	75	6	6	30
12	255	12	8	155
13	265	12	8	155



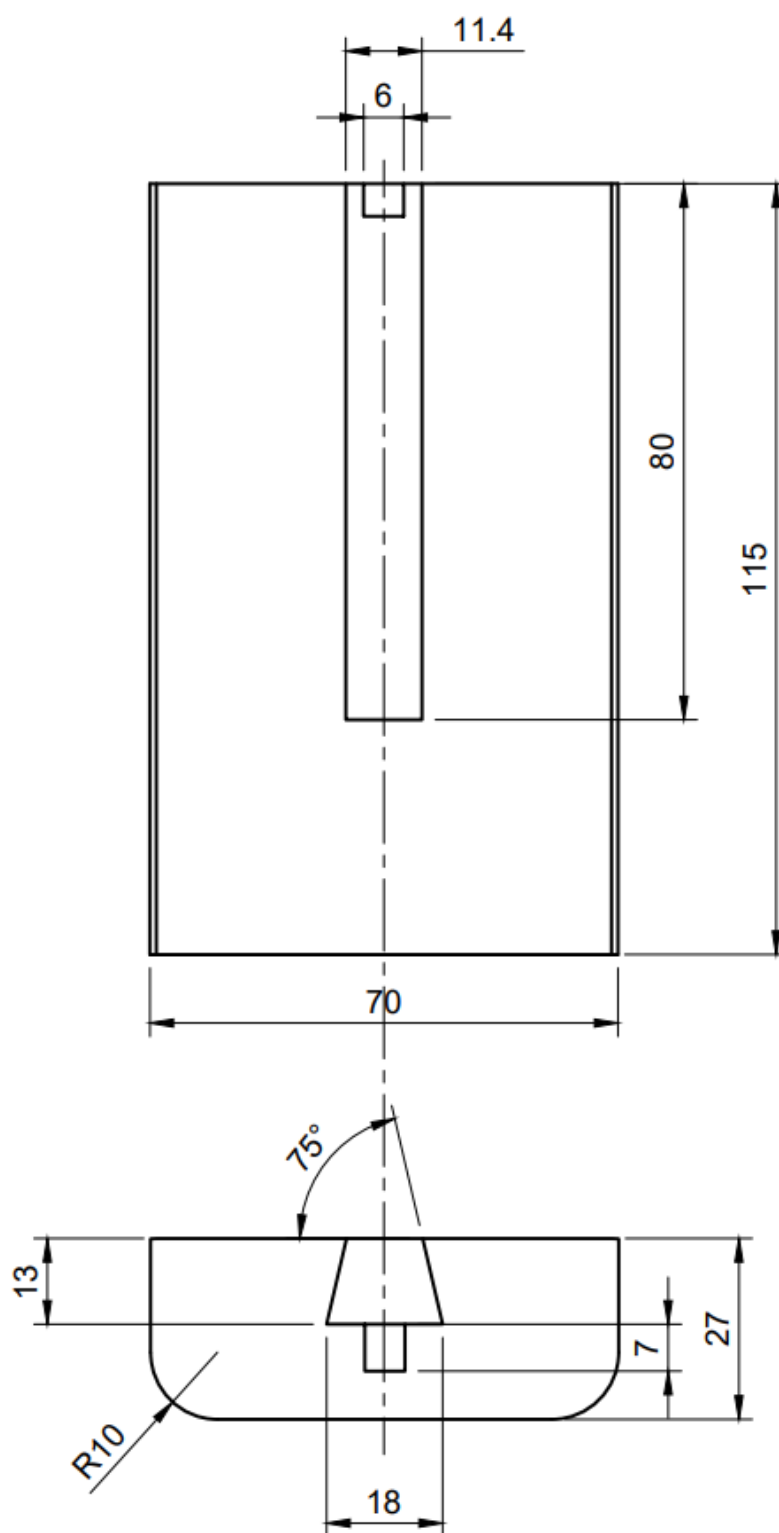
Rysunek wykonawczy

Kreślił:	Data:	Materiał:	Skala:	Format:
Bartosz Wojenka	31.01.2021	Świerk	-	A4
SGGW WARSZAWA			Ożebrowanie płyty wierzchniej	

Rys. 49. Sparametryzowany rysunek wykonawczy żeber dna korpusu.



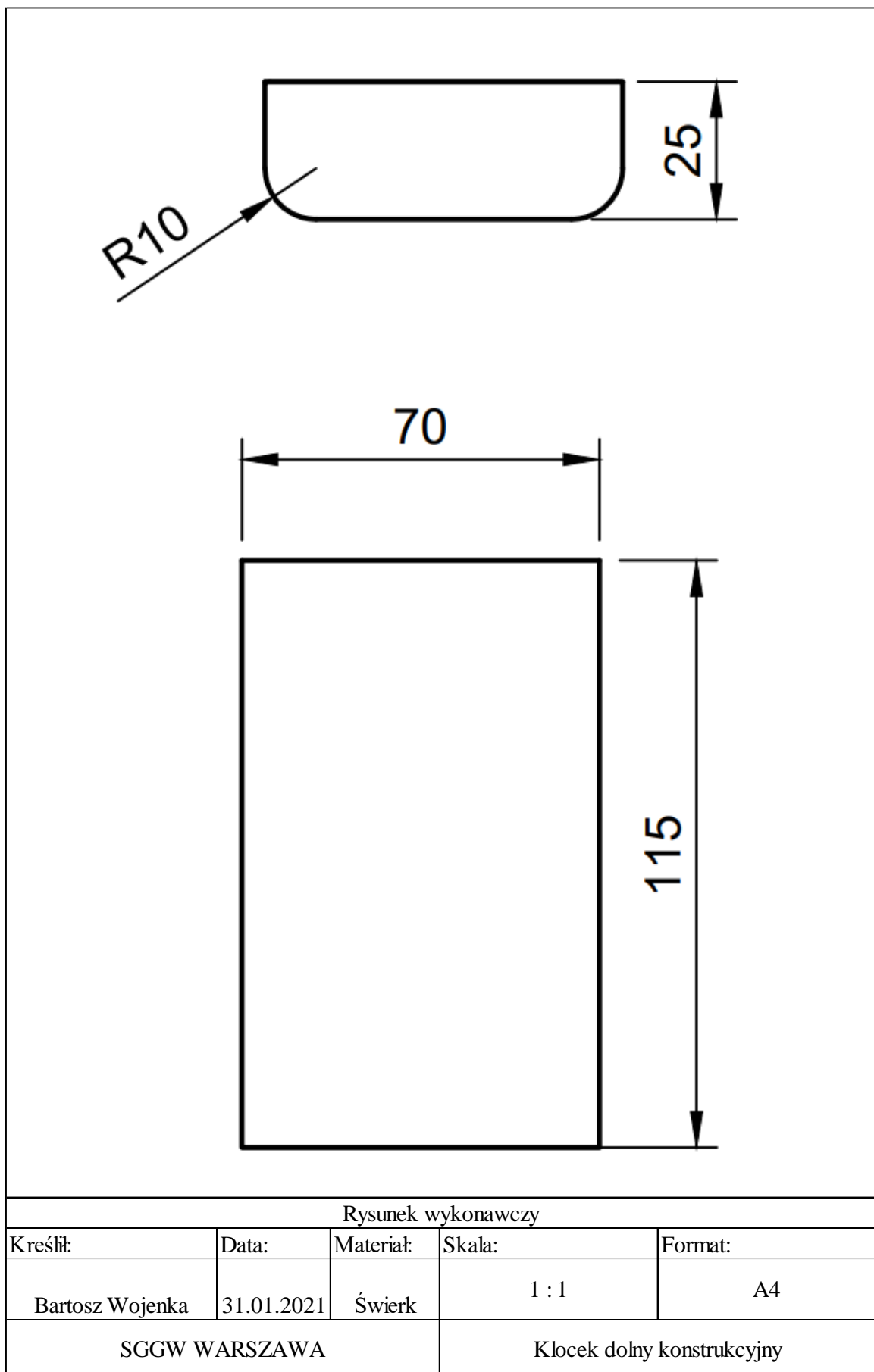
Rys. 50. Rysunek wykonawczy klocka spajającego gryf z korpusem.



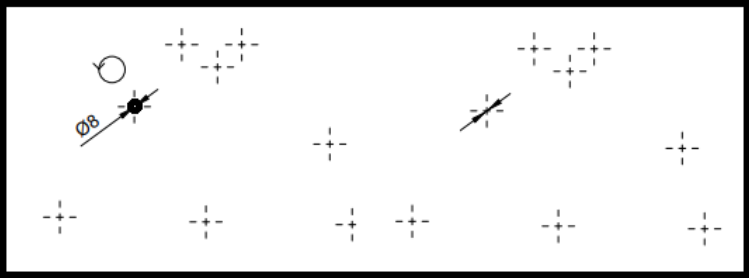
Rysunek wykonawczy

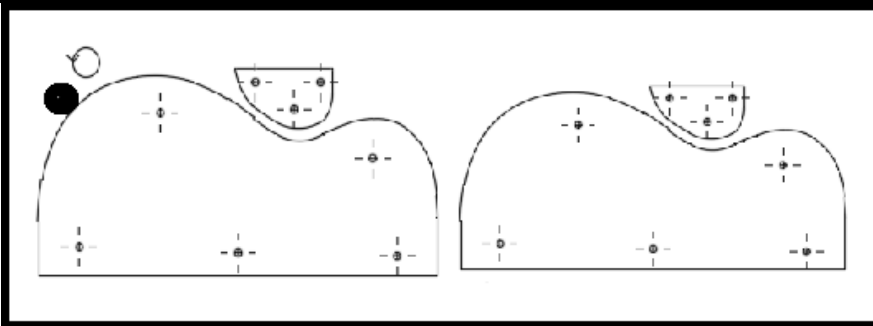
Kreślił:	Data:	Materiał:	Skala:	Format:
Bartosz Wojenka	31.01.2021	Świerk	1 : 1	A4
SGGW WARSZAWA			Kłócek górny konstrukcyjny	

Rys. 51. Rysunek wykonawczy klocka spajającego korpus w jego dolnej części.



4.2.2. Karty technologiczne

Karta technologiczna operacji	Strona:		SGGW WTD		Arkusz:	Data:
Nr karty: 5	1/1				1 / 2	31.01.2021
Forma giętarska do boków korpusu gitary						
Grupa operacji:	Wiercenie					
Nr operacji:	5	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	5	
Nazwa operacji:	Wiercenie otworów montażowych		Urządzenie:	Centrum obróbcze CNC		
Materiał:	Sklejka liściasta					
Indeks materiałowy:	Płyta Sklejka: 1200x500x18, 4 szt.					
Opis operacji:	1. Wiercić według rysunków wykonawczych dolnej i górnej części formy giętarskiej. W przypadku jednego arkusza sklejki (1200x500x18) operację zastosować do: dwóch elementów górnej części formy dociskającej, dwóch elementów dolnej formy giętarskiej					
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Uchwyt wrzeciona HSK • Wiertło przelotowe VHM d=8, z=2, prawe 					
Rys. poglądowy:						
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Prędkość skrawania: 300m/min • Prędkość obrotowa: 18000 obr./min • Posuw: 4m/min • Głębokość: 18mm • Ilość przejść: - 				Uwagi: Zastosować do 4 arkuszy sklejki, celem uzyskania odpowiedniej grubości formy. Operację wiercenia i frezowania stosować następująco po sobie do każdego kolejnego arkusza materiału.	
			Opracował: Bartosz Wojenka			

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD		Arkusz:	Data:
Nr karty: 10		1/1			2 / 2	31.01.2021
Forma giętarska do boków korpusu gitary						
Grupa operacji:		Frezowanie				
Nr operacji:		10	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	5
Nazwa operacji:		Frezowanie formy		Urządzenie:	Centrum obróbcze CNC	
Materiał:		Sklejka liściasta				
Indeks materiałowy:		Płyta Sklejka: 1200x500x18, 4 szt.				
Opis operacji:		1. Frezować pozycjonowany wcześniej arkusz sklejki (1200x500x18) w celu uzyskania dwóch elementów w kształcie dolnej części formy giętarskiej, dwóch elementów w kształcie górnej części formy dociskającej.				
Pomoce warsztatowe:		<ul style="list-style-type: none">• Uchwyt wrzeciona HSK• Frez trzpieniowy prosty VHM, D=10, z=2				
Rys. poglądowy:						
Parametry obróbki:		<ul style="list-style-type: none">• Prędkość skrawania: 600m/min• Prędkość obrotowa: 20 000 obr/.min• Posuw: 8m/min• Głębokość: 18mm• Ilość przejść: -			Uwagi: Zastosować do 4 arkuszy sklejki, celem uzyskania odpowiedniej grubości formy. Operację wiercenia i frezowania stosować następująco po sobie do każdego kolejnego arkusza materiału.	
			Opracował: Bartosz Wojenka			

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD		Arkusz:	Data:
Nr karty:	15	1/1			3 / 3	31.01.2021
Forma giętarska do boków korpusu gitary						
Grupa operacji:	Montaż					
Nr operacji:	15	Oddział:	Hala montażowa	Stanowisko nr:	6	
Nazwa operacji:	Montaż formy		Urządzenie:	-		
Materiał:	Sklejka liściasta					
Indeks materiałowy:	Sklejka: kształt szablonowy.					
Opis operacji:	1. Skręcić oba elementy formy z uzyskanych na poprzednich etapach procesu elementów z płyt. Skręcać do uzyskania grubości minimum 115mm.					
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Zakrętaraka • Śruby z łbem sześciokątnym M8, l=145 i nakrętkami 					
			Opracował: Bartosz Wojenka			

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty: 5		1/1		1 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:		Piłowanie			
Nr operacji:	5	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	1, 2
Nazwa operacji:	Piłowanie poprzeczne		Urządzenie:	Pilarka formatowa Pilarka taśmowa	
Material:	Półfabrykat - Obłóg klonowy; Obłóg mahoniowy; Tarcica strugana mahoniowa; Kantówka świerkowa				
Indeks materiałowy:	Obłóg Klon: 680kg/m ³ ; 800x300x3.2, 9% wilg., 2szt.; Obłóg Mahoń: 650kg/m ³ ; 1100x300x3.2; 9% wilg., 3 szt.; Deska Mahoń: 650kg/m ³ ; 3000x100x50, 9% wilg., 1 szt.; Kantówka strugana Świerk: 1000x70x70, 9% wilg., 1szt. Kantówka strugana Świerk: 1000x30x30, 9% wilg., 6szt.				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Piłować poprzecznie w celu pozyskania z półfabrykatów klonowych(800x300x3.2) dwóch formatek o wymiarze 540x300x3.2, jednej formatki o wymiarze 200x300x3.2 2. Piłować poprzecznie w celu pozyskania z półfabrykatów (obłogów) mahoniowych (1100x300x3.2) dwóch formatek o wymiarze 540x300x3.2, dwóch formatek o wymiarze 750x300x3.2 3. Piłować poprzecznie tarcicę mahoniową (3000x100x50) w celu uzyskania jednego elementu o wymiarze 1200x100x50 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Piła tarczowa z ostrzami z węglików spiekanych D=350, d=30, z=40, b=4,5, kąt natarcia 10°, ostrza z węglików spiekanych • Piła podcinająca D=125, d=20, b=3,1, z=24, kąt natarcia 5°, ostrza z węglików spiekanych • Brzeszczot taśmowy 10x0.63x3360 t=6 • Osłona piły • Klin rozszczepiający • Prowadnica 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Posuw 10m/min • Prędkość obrotowa piły głównej 2800obr/min • Prędkość obrotowa podcinaka 7500obr/min 		Uwagi: Krótkie elementy świerkowe piłować przy użyciu piły taśmowej ze względów bezpieczeństwa. Tarcicę selekcjonować organoleptycznie pod kątem cech drewna rezonansowego.		
			Opracował: Bartosz Wojenka		

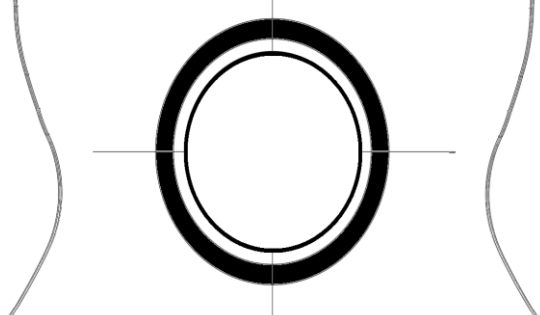
Karta technologiczna operacji		Strona: 2/2	SGGW WTD	Arkusz: 2 / 43	Data: 31.01.2021
Nr karty:	5				
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:		Piłowanie			
Nr operacji:	5	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	1, 2
Nazwa operacji:	Piłowanie poprzeczne		Urządzenie:	Pilarka formatowa Pilarka taśmowa	
Materiał:	Półfabrykat - Obłóg klonowy; Obłóg mahoniowy; Tarcica strugana mahoniowa; Kantówka świerkowa				
Indeks materiałowy:	Obłóg Klon: 680kg/m ³ ; 800x300x3.2, 9% wilg., 2szt.; Obłóg Mahoń: 650kg/m ³ ; 1200x300x3.2; 9% wilg., 3 szt.; Deska Mahoń: 650kg/m ³ ; 3000x100x50, 9% wilg., 1 szt.; Kantówka strugana Świerk: 1000x70x70, 9% wilg., 1szt. Kantówka strugana Świerk: 1000x30x30, 9% wilg., 6szt.				
Opis operacji:	<p>4. Piłować poprzecznie w celu pozyskania z półfabrykatów świerkowych(1000x70x70) dwóch elementów o wymiarze 115x70x70</p> <p>5. Piłować poprzecznie w celu pozyskania z półfabrykatów świerkowych(1000x30x30) 18 elementów o długościach odpowiadających parametrowi „A” poszczególnych elementów w tabeli wymiarowej rysunku wykonawczego 48. i 49.</p>				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Piła tarczowa z ostrzami z węglików spiekanych D=350, d=30, z=40, b=4,5, kąt natarcia 10°, ostrza z węglików spiekanych • Piła podcinająca D=125, d=20, b=3,1, z=24, kąt natarcia 5°, ostrza z węglików spiekanych • Brzeszczot taśmowy 10x0.63x3360 t=6 • Osłona piły • Klin rozszczepiający • Prowadnica 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Posuw 10m/min • Prędkość obrotowa piły tarczowej głównej 2800obr/min • Prędkość obrotowa podcinaka 7500obr/min 			Uwagi: Krótkie elementy świerkowe piłować przy użyciu piły taśmowej ze względów bezpieczeństwa. Tarcicę selekcjonować organoleptycznie pod kątem cech drewna rezonansowego	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona: 1/2	SGGW WTD	Arkusz: 3 / 43	Data: 31.01.2021
Nr karty:	10				
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:		Piłowanie			
Nr operacji:	10	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	1, 2
Nazwa operacji:	Piłowanie wzdłużne	Urządzenie:		Pilarka formatowa Pilarka taśmowa	
Material:	Półfabrykat - Obłóg klonowy; Obłóg mahoniowy; Tarcica strugana mahoniowa; Kantówka świerkowa				
Indeks materiałowy:	Obłóg Klon: 680kg/m ³ ; 540x300x3.2, 2szt., 200x300x3.2, 1 szt., 9% wilg.; Obłóg Mahoń: 650kg/m ³ ; 540x300x3.2, 2szt., 750x300x3.2, 2szt. 9% wilg.; Kantówka strugana Świerk: 115x70x70, 9% wilg., 1szt. Kantówka strugana Świerk: 3607x30x30, 9% wilg., 18szt.				
Opis operacji:	1. Piłować wzdłużnie w celu pozyskania z półfabrykatów klonowych(540x300x3.2) dwóch formatek o wymiarze 540x200x3.2; z półfabrykatu klonowego(200x300x3.2) jednej formatki o wymiarze 200x100x3.2 2. Piłować wzdłużnie w celu pozyskania z półfabrykatów mahoniowych(540x300x3.2) dwóch formatek o wymiarze 540x200x3.2; z półfabrykatów mahoniowych (750x300x3.2) dwóch formatek o wymiarze 750x120x3.2				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Piła tarczowa z ostrzami z węglików spiekanych D=350, d=30, z=40, b=4,5, kąt natarcia 10°, ostrza z węglików spiekanych • Piła podcinająca D=125, d=20, b=3,1, z=24, kąt natarcia 5°, ostrza z węglików spiekanych • Brzeszczot taśmowy 10x0.63x3360 t=6 • Osłona piły • Klin rozszczepiający • Prowadnica 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Posuw 10m/min • Prędkość obrotowa piły głównej 2800obr/min • Prędkość obrotowa podcinaka 7500obr/min 		Etapy operacji dotyczące półfabrykatów świerkowych można pominąć dobierając kantówki o wymiarach odpowiadających wymiarom nominalnym elementów w tabeli rys. 48. i 49. na etapie doboru materiału.		
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona: 2/2	SGGW WTD	Arkusz: 4 / 43	Data: 31.01.2021
Nr karty:	10				
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:		Piłowanie			
Nr operacji:	10	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	1, 2
Nazwa operacji:	Piłowanie wzdłużne		Urządzenie:	Pilarka formatowa Pilarka taśmowa	
Materiał:	Półfabrykat - Obłóg klonowy; Obłóg mahoniowy; Tarcica strugana mahoniowa; Kantówka świerkowa				
Indeks materiałowy:	Obłóg Klon: 680kg/m3; 540x300x3.2, 2szt., 200x300x3.2, 1 szt., 9% wilg.; Obłóg Mahoń: 650kg/m3; 540x300x3.2, 2szt., 750x300x3.2, 2szt. 9% wilg.; Kantówka strugana Świerk: 116x70x70, 9% wilg., 2szt. Kantówka strugana Świerk: Σ3607x30x30, 9% wilg., 18szt.				
Opis operacji:	3. Piłować wzdłużnie w celu pozyskania z półfabrykatów świerkowych(Σ3607x30x30) elementów o szerokościach odpowiadających parametrowi „C” poszczególnych elementów w tabeli wymiarowej rysunku wykonawczego 48. Oraz 49. 4. Piłować wzdłużnie w celu pozyskania z półfabrykatów świerkowych(Σ3607xCx30) elementów o wysokościach odpowiadających parametrowi „B” poszczególnych elementów w tabeli wymiarowej rysunku wykonawczego 48. Oraz 49. 5. Piłować wzdłużnie w celu pozyskania z półfabrykatu świerkowego(115x70x70) dwóch elementów o wymiarze 115x70x25.				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none">• Piła tarczowa z ostrzami z węglików spiekanych D=350, d=30, z=40, b=4,5, kąt natarcia 10°, ostrza z węglików spiekanych• Piła podcinająca D=125, d=20, b=3,1, z=24, kąt natarcia 5°, ostrza z węglików spiekanych• Brzeszczot taśmowy 10x0.63x3360 t=6• Osłona piły• Klin rozszczepiający• Prowadnica				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none">• Posuw 10m/min• Prędkość obrotowa piły głównej 2800obr/min• Prędkość obrotowa podcinaka 7500obr/min			Uwagi: Etapy operacji dotyczące półfabrykatów świerkowych można pominąć dobierając kantówki o wymiarach odpowiadających wymiarom nominalnym elementów w tabeli rys. 48. i 49. na etapie doboru materiału.	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	15	1 / 1		6 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Szlifowanie				
Nr operacji:	15	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	4
Nazwa operacji:	Szlifowanie wygładzające	Urządzenie:	-		
Material:	Półfabrykat - Obłóg klonowy; Obłóg mahoniowy;				
Indeks materiałowy:	Obłóg Klon: 680kg/m ³ ; 540x200x3.2, 2szt., 9% wilg.; Obłóg Mahoń: 650kg/m ³ ; 540x200x3.2, 2szt., 9% wilg.;				
Opis operacji:	1. Szlifować wygładzając jedną z dłuższych płaszczyzn bocznych formatek klonowych o wymiarach 540x200x3.2 (2szt) oraz formatek mahoniowych o wymiarach 540x200x3.2(2 szt.)				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Twarda kostka gumowa do papieru ściernego • Papier ścierny P150 				
Uwagi: Zachować ostrożność przy szlifowaniu boków obłogu. Kostkę z papierem trzymać sztywno i równolegle do obrabianej płaszczyzny. Pozbyć się jedynie postrzępionych krawędzi i wystających zadr. Krawędź nie może stracić swojej geometrii.					
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	20	1 / 1		7 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Klejenie				
Nr operacji:	20	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	4
Nazwa operacji:	Klejenie oblogów	Urządzenie:	Prasa		
Materiał:	Półfabrykat - Obłóg klonowy; Obłóg mahoniowy;				
Indeks materiałowy:	Obłóg Klon: 680kg/m ³ ; 540x200x3.2, 2szt., 9% wilg.; Obłóg Mahoń: 650kg/m ³ ; 540x200x3.2, 2szt., 9% wilg.;				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Smarować klejem wyszlifowane płaszczyzny boczne oblogów jednego gatunku 2. Unieruchomić obłogi pod lekkim naciskiem prasy 3. Ścisnąć obłogi w stronę klejonej płaszczyzny 4. Docisnąć prasę 5. Czynność powtórzyć dla formatek z klonu i mahoni 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Prasa • Walek malarski • Ściski stolarskie min. 400mm rozstawu szczęk • Klej polioctanowinyłowy 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Czas prasowania: 30 minut • Temperatura: 20oC • Ciśnienie prasowania: 12.3-17.6 Kg/cm². 		Uwagi: Prasa przy takiej operacji może być pneumatyczna lub „prowizoryczna” np. w postaci zaciśniętych na oblogach formatek sklejkowych 18mm minimalnie mniejszych od płaszczyzny oblogów. Parametry klejenia zależą od wartości deklarowanych przez producenta kleju		
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	25	1/1		8 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Frezowanie				
Nr operacji:	25	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	5
Nazwa operacji:	Frezowanie płyty wierzchniej korpusu	Urządzenie:	Centrum obróbcze CNC		
Material:	Półfabrykat - Obłóg klonowy;				
Indeks materiałowy:	Obłóg Klon: 680kg/m ³ ; 540x400x3.2, 1szt., 9% wilg.; Obłóg Mahoń: 650kg/m ³ ; 540x400x3.2, 1szt., 9% wilg				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Frezować w osi symetrii formatki klonowej otwór rezonansowy przelotowo 2. Frezować wokół otworu rezonansowego kanał na rozetę zagłębiając się na 1,1mm w materiał 3. Frezować w formatce klonowej kształt płyty wierzchniej i w formatce mahoniowej kształt płyty dna z naddatkiem w obwodzie wynoszącym 2cm 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Uchwyt wrzeciona HSK • Frez trzpieniowy prosty VHM, D=10, z=2 				
Rysunek poglądowy:					
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Posuw: 8m/min • Prędkość skrawania: 600m/min • Prędkość obrotowa: 18 000 obr./min • Głębokość: 3.2mm; 1.1mm • Ilość przejść: - 			Uwagi: Ze względów estetycznych frezowanie płyt rezonansowych musi być poprzedzone dokładnym ustawieniem półfabrykatów wzdłuż osi symetrii formatek	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	30	1/1		9 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Inkrustowanie				
Nr operacji:	30	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	7
Nazwa operacji:	Inkrustowanie płyty wierzchniej	Urządzenie:	-		
Materiał:	Półfabrykat - Obłóg klonowy; fornir mahoniowy				
Indeks materiałowy:	Obłóg Klon: 680kg/m ³ ; 540x400x3.2, 1szt., 9% wilg.; Fornir Mahoń: 650kg/m ³ ; 150x150x1.1, 1szt.,				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wyciąć okrąg z forniru; średnica zew. = fi130; średnica wewn. = fi110 2. Smarować płaszczyzny klejenia 3. Inkrustować kanał wokół otworu rezonansowego. 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Nożyk tapicerski • Klej kontaktowy • Szpachelka z kopolimeru 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • T=18-25oC • Czas schnięcia: 15 minut 		Uwagi: Klej nanosić za pomocą strzykawki i pozostawić na 10 minut do wyschnięcia. Nadmiar kleju rozprowadzać i usuwać szpachelką. Inkrustacje można wykonać w postaci jednego elementu lub wielu pojedynczych kawałków forniru		
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	35	1 / 1		10 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Szlifowanie				
Nr operacji:	35	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	9
Nazwa operacji:	Szlifowanie wygładzające	Urządzenie:	Szlifierka szerokotaśmowa		
Material:	Obióg klonowy, obióg mahoniowy				
Indeks materiałowy:	Obióg Klon: 680kg/m ³ ; 540x400x3.2, 1szt., 9% wilg.; Obióg Mahoń: 650kg/m ³ ; 540x400x3.2, 1szt, 750x120x3.2, 2szt., 9% wilg.				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ustawić prześwit stołu szlifierki na 3.1 2. Szlifować formatki o wymiarach 540x400 do uzyskania gładkiej powierzchni po obu stronach. 3. Szlifować formatki o wymiarach 750x120 po obu stronach do uzyskania grubości 2mm 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Taśma ścierna K=150 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Posuw: 5m/min • Prędk. skrawania: 1000m/min 		Uwagi: Szlifowanie płyty klonowej rozpocząć od szlifowania powierzchni inkrustowanej Grubość elementów płyt rezonansowych nie może być niższa niż 2.0mm		
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	40	1/1		11 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Gięcie				
Nr operacji:	40	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	8
Nazwa operacji:	Gięcie boków pudła rezonansowego	Urządzenie:	Giętarka LMI		
Materiał:	Półfabrykat - Obłóg mahoniowy;				
Indeks materiałowy:	Obłóg Mahoń: 650kg/m3; 750x120x2, 2szt., 9% wilg.;				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uzbroić giętarkę w dolną i górną część formy 2. Obłóg(750x120x2) zabezpieczyć szczelnie folią 3. Zabezpieczony element gięty przykryć płaszczem grzewczym 4. Zacisnąć gięty element taśmą giętarską do osiągnięcia bezpiecznego naprężenia 5. Uruchomić kontrolę temperatury. 6. Po osiągnięciu 100oC zaciskać prasę o ½ obrotu co 30 sekund oraz zaciskać pas o jeden cal na minutę do osiągnięcia pełnego zacisku 7. Po zakończeniu gięcia zresetować temperaturę i odczekać 15 minut przed rozbrojeniem 8. Powtórzyć czynności w celu wygięcia drugiego obłogu. 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Giętarka do boków korpusu gitar firmy LMI • Elektroniczny moduł kontroli temperatury z płaszczem grzewczym • Forma kształtująca dolna • Forma dociskająca górna • Folia ochronna • Taśma giętarska 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura: 100 do 160oC • Czas gięcia: 10 minut • Czas stygnięcia: 15 minut • Ugięcie: 1 cal/min 		Uwagi: Cała operacja gięcia jednego elementu nie powinna przekraczać 10 minut, bo może dojść do pęknięcia i rozwarstwiania się materiału. Jeżeli gięte obłogi mają długość docelową, należy upewnić się, czy arkusze obłogu zostały ułożone w formie identycznie.		
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	45	1/1		12 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Struganie				
Nr operacji:	45	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	4
Nazwa operacji:	Struganie ożebrowania		Urządzenie:	-	
Material:	Kantówka świerkowa (Parametr. wym. z tabeli rys 48. i 49.)				
Indeks materiałowy:	Kantówka Świerk: Ax CxB, 9% wilg., 18szt. Kłosek Świerk: 115x70x25, 9% wilg., 2szt				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Strugać od wewnątrz do krawędzi bocznej elementu różnicę wymiarów D od A w celu uzyskania trapezowego kształtu elementu. 2. Strugać krawędzie płaszczyzny o wymiarze D do momentu zaoblenia 3. Strugać wyrównując płaszczyzny o wymiarze A. 4. Elementy nr 1, 2, 3, 4 oznaczone w tabeli rysunku 49. strugać przy pomocy dłuta na płaszczyźnie o wymiarze A wg. rysunku wyk. w celu uzyskania żadanego kształtu. 5. Strugać symetrycznie dłuższe krawędzie (70x115) jednej z płaszczyzn klocka świerkowego w celu uzyskania promienia R10. Wykonać dla dwóch elementów(115x70x25) 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Hebel „zdzierak” z nożem 20x100 • Zestaw dłut • Kątownik 				
Uwagi: Wymiary elementów ożebrowania są wymiarami przybliżonymi.					
			Opracował:	Bartosz Wojenka	

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	50	1/1		13 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Struganie				
Nr operacji:	50	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	3
Nazwa operacji:	Przygotowanie kerfingu		Urządzenie:	Strugarka grubościówka	
Materiał:	Odpad z operacji nr 5 - Kantówka świerkowa				
Indeks materiałowy:	Kantówka strugana Świerk: 1000x30x30, 2szt; 900x30x30, 1szt.				
Opis operacji:	1. Ustawić stół grubościówki na 28mm prześwitu 2. Strugać grubościowo kantówki (30x30) do uzyskania wymiaru 20x20				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> Noże HSS 640x35x3 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> Prędkość obr.: 4800obr./min Posuw: 12m/min Głębokość skrawania: 10mm Ilość przejść: 3 			Uwagi: Ze względów estetycznych można przeprowadzić dodatkowo operację zaokrąglania jednej krawędzi na R10	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

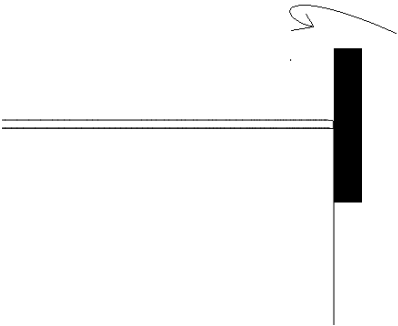
Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty: 55		1/1		14 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:		Piłowanie			
Nr operacji:	55	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	1
Nazwa operacji:	Przygotowanie kerfingu		Urządzenie:	Pilarka formatowa	
Material:	Odpad z operacji nr 5 - Kantówka świerkowa				
Indeks materiałowy:	Kantówka strugana Świerk: 1000x20x20, 2szt; 900x20x20, 1szt.				
Opis operacji:	1. Wysunąć pilę główną na wysokość 18mm ponad blat 2. Piłować poprzecznie kantówki na głębokość 18mm w odstępach 10mm + szerokość rzazu w celu uzyskania kerfingu.				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> Piła tarczowa z ostrzami z węglików spiekanych D=350, d=30, z=40, b=3.2, kąt natarcia 10°, ostrza z węglików spiekanych 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> Prędkość obr.: 2800 obr/min 		Uwagi: Ze względów wygody operatora kerfing może być dzielony na nieregularne odcinki. Podczas operacji piłowania kerfingu zachować szczególną ostrożność.		
			Opracował: Bartosz Wojenka		

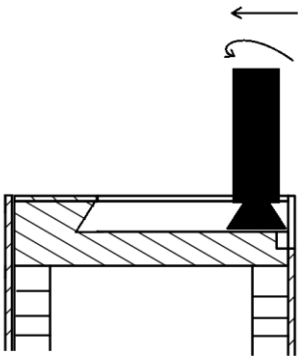
Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty: 60		1/1		15 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:		Klejenie			
Nr operacji:	60	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	4
Nazwa operacji:	Klejenie płyt bocznych korpusu		Urządzenie:	-	
Materiał:	Kerfing - Świerk Obłóg gięty Mahoniowy Klocki konstrukcyjne - Świerk				
Indeks materiałowy:	Kerfing Świerk 2900x20x20, Klocki Świerk 115x70x25 Obłóg gięty Mahoń l=750, 120x2				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Smarować końcowe płaszczyzny wewn. kształtek i płaskie części klocków klejem 2. Kleić kształtki mahoniowe do płaskiej powierzchni (115x70) klocków świerkowych tak, aby łączenie obłogów znalazło się w osi klocka. 3. Smarować nienacinaną płaszczyznę kerfingu klejem 4. Kleić kerfing do krawędzi wewnętrznej powierzchni ścian bocznych korpusu 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Ściski stolarskie • Wałek malarski • Klej poliizocyjanianowy • Podkładki drewniane 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Czas prasowania: 30 minut • Temperatura: 20oC 			Uwagi: Przed klejeniem płyt bocznych do klocków konstrukcyjnych należy się upewnić, czy kształtki posiadają ten sam wymiar długości i są symetryczne względem siebie. Upewnić się, czy operacja przeprowadzana jest na równym podłożu.	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD		Arkusz:	Data:
Nr karty: 65		1 / 1			16 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna						
Grupa operacji:		Szlifowanie				
Nr operacji:	65	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	9	
Nazwa operacji:	Szlifowanie wygładzające		Urządzenie:	Szlifierka szerokotaśmowa		
Material:	Konstrukcja ścian bocznych korpusu – mahoń, świerk					
Indeks materiałowy:	Klocki Świerk 115x70x25 Obłóg gięty Mahoń l=750, 120x2					
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ustawić prześwit stołu szlifierki na 119mm 2. Szlifować zespół elementów z obu stron do uzyskania wymiaru wysokości ścianek 115. 					
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Tasma ścierna K=150 					
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Posuw: 5m/min • Prędk. skrawania: 1000m/min 			Uwagi: Przybierać maksymalnie po 1mm na przejście ze względu na delikatność konstrukcji		
			Opracował: Bartosz Wojenka			

Karta technologiczna operacji		Strona: 1/1	SGGW WTD	Arkusz: 17 / 43	Data: 31.01.2021
Nr karty:	70				
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:		Klejenie			
Nr operacji:	70	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	4
Nazwa operacji:	Klejenie ożebrowania płyt korpusu	Urządzenie:	Prasa		
Materiał:	Żebra - Świerk Płyta wierzchnia korpusu Klon Płyta dna korpusu Mahoń Płytki wsparcia mostka Palisander				
Indeks materiałowy:	Świerk AxCxB, 18szt. Płyta Mahoń 650kg/m ³ , 496x384x3 1szt. Płyta Klon 680kg/m ³ , 496x384x3 1szt. Listwa Palisander 180x30x3 1 szt.				
Opis operacji:	1. Ułożyć żebra wg schematu na wewnętrznych stronach płyt 2. Smarować płaszczyzny żeber o wymiarze A i odkładać na miejsce 3. Ułożyć płytę z żebrowaniem w prasie. Wykonać dla obu płyt. 4. Prasować				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> Klej poliizocyjanianowy Walek malarski 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> Czas prasowania: 30 minut Temperatura: 200°C Ciśnienie prasowania: 12.3-17.6 Kg/cm². 		Uwagi: Należy wykreślić na płycie zaznaczyć oś symetrii oraz szkic schematu ożebrowania przed sklejeniem. Wspomniana w indeksie listwa palisandrowa wklejana pod mostek musi zostać dopasowana i przyklejona najlepiej po prasowaniu żeber.		
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	75	1/1		18 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Klejenie				
Nr operacji:	75	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	4
Nazwa operacji:	Klejenie korpusu	Urządzenie:	Prasa		
Materiał:	Żebra - Świerk Płyta wierzchnia korpusu Klon Płyta dna korpusu Mahoń Płytki wsparcia mostka Palisander				
Indeks materiałowy:	Świerk AxCxB, 18szt. Płyta Mahoń 650kg/m ³ , 496x384x3 1szt. Płyta Klon 680kg/m ³ , 496x384x3 1szt.				
Opis operacji:	1. Smarować płaszczyzny styku płyt rezonansowych z konstrukcją płyt bocznych 2. Zacisnąć w ściskach				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Klej poliizocyjanianowy • Wałek malarski • Ściski stolarskie 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Czas prasowania: 30 minut • Temperatura: 20oC • Ciśnienie prasowania: 12.3-17.6 Kg/cm². 			Uwagi: Nie używać prasy, gdyż ta operacja wymaga ciągłego korygowania pokrycia osi elementów przy zaciskaniu. Należy użyć dużej ilości ścisków. Najlepiej rozstawiać je mniej więcej co 5-10 cm.	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	80	1/1		19 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Frezowanie				
Nr operacji:	80	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	4
Nazwa operacji:	Frezowanie kształtu korpusu	Urządzenie:	Frezarka górnoprzecionowa		
Materiał:	Korpus z płyt rezonansowych – klon, mahoń				
Indeks materiałowy:	Płyta Mahoń 650kg/m ³ , 496x384x3 1szt. Płyta Klon 680kg/m ³ , 496x384x3 1szt.				
Opis operacji:	1. Frezować obie strony korpusu wzdłuż kształtu płyt bocznych celem pozbycia się nadmiaru materiału z płyt rezonansowych				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> Frez trzpieniowy prosty z łożyskiem dolnym VHM, D=8, z=2, H=30, d=8 				
Rysunek poglądowy:					
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> Prędkość obrotowa: 18 000 obr./min 			Uwagi:	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

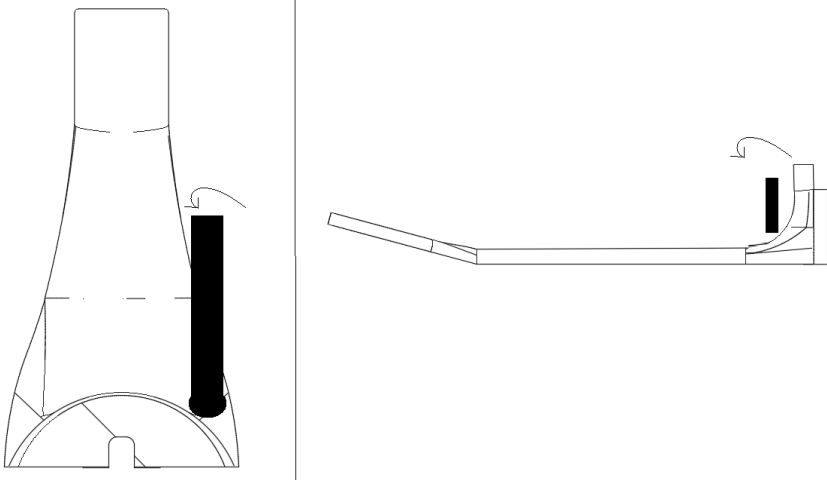
Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	85	1/1		20 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Frezowanie				
Nr operacji:	85	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	4
Nazwa operacji:	Frezowanie wpustu gryfu w korpusie	Urządzenie:	Frezarka górnoprzecionowa		
Materiał:	Korpus z płyt rezonansowych – klon, mahoń				
Indeks materiałowy:	Płyta Mahoń 650kg/m ³ , 496x384x3 1szt. Płyta Klon 680kg/m ³ , 496x384x3 1szt. Kłoczek Świerk 115x70x25 1szt				
Opis operacji:	1. Frezować wpust zgodnie z przebiegiem osi na bocznej płycie				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> Frez trzpieniowy „na jaskółczy ogon” fi18, $\alpha=75^\circ$, VHM, z=10, H=30, d=8 				
Rysunek poglądowy:					
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> Prędkość obrotowa: 18 000 obr./min 			Uwagi: W razie braku narzędzia użyć frezu na jaskółczy ogon o innych parametrach	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

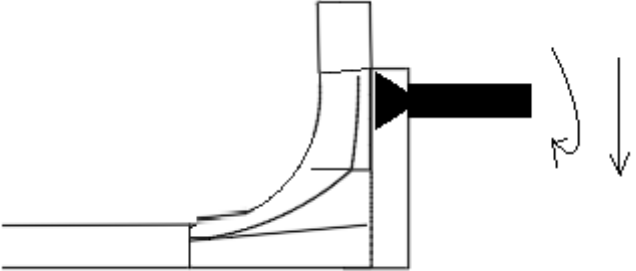
Karta technologiczna operacji		Strona: 1/1	SGGW WTD	Arkusz: 21 / 43	Data: 31.01.2021
Nr karty:	90				
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Piłowanie				
Nr operacji:	90	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	1
Nazwa operacji:	Piłowanie poprzeczne		Urządzenie:	Pilarka formatowa	
Materiał:	Półfabrykat - Tarcica strugana mahoniowa				
Indeks materiałowy:	Mahoń: 650kg/m3; 1000x100x50, 9% wilg., 1 szt.;				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Piłować poprzecznie w celu pozyskania z tarcicy (1000x98x48) jednego elementu o wymiarze 100x100x50 oraz jednego o wymiarze 70x100x50 2. Piłować poprzecznie pod kątem 15 stopni w celu pozyskania z tarcicy (830x100x50) jednego elementu o wymiarze 330x100x50 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Piła tarczowa z ostrzami z węglików spiekanych D=350, d=30, z=40, b=4,5, kąt pochylenia piły 75 stopni, ostrza z węglików spiekanych • Piła podcinająca D=125, d=20, b=3,1, z=24, kąt natarcia 5°, ostrza z węglików spiekanych • Osłona piły • Klin rozszczepiający • Prowadnica 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Posuw 10m/min • Prędkość obrotowa piły tarczowej głównej 2800obr/min • Prędkość obrotowa podcinaka 7500obr/min 			Uwagi:	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

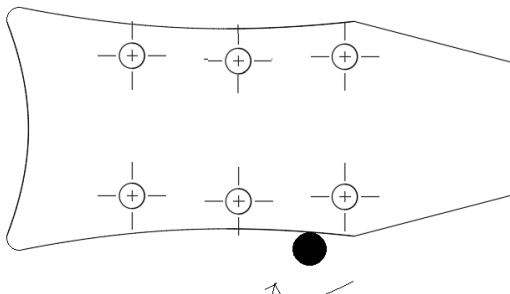
Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	95	1/1		22 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Klejenie				
Nr operacji:	95	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	4
Nazwa operacji:	Klejenie gryfu	Urządzenie:			
Material:	Tarcica strugana mahoniowa				
Indeks materiałowy:	Mahoń: 650kg/m3; 500x100x50, 9% wilg.,1 szt.; Mahoń: 650kg/m3; 100x100x50, 9% wilg.,1 szt.; Mahoń: 650kg/m3; 70x100x50, 9% wilg.,1 szt.; Mahoń: 650kg/m3; 330x100x50, 9% wilg.,1 szt.;				
Opis operacji:	2. Smarować ukośną płaszczyznę elementu o wymiarze 500x100x50 i kleić skośne końce elementów o wymiarach l=500 i l=330 pod kątem 15 stopni 3. Smarować równoległe płaszczyzny(100x100) elementu o wymiarze 100x100x50 i kleić do płaszczyzny(70x100) elementu o wymiarze 70x100x50 oraz kleić na kształt nasady gryfu u prostego końca płaszczyzny 500x100				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Klej poliizocyjanianowy • Wałek malarski • Ściski stolarskie 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Czas prasowania: 30 minut • Temperatura: 20oC 			Uwagi:	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty: 100		1/1		23 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Struganie				
Nr operacji:	100	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	10
Nazwa operacji:	Struganie płaszczyzny gryfu		Urządzenie:	Strugarka wyrówniarka	
Materiał:	Gryf – Mahoń - klejonka				
Indeks materiałowy:	Mahoń: 650kg/m ³ ; ≈750x100x50, 9% wilg., 1 szt.;				
Opis operacji:	1. Strugać wyrównującą najdłuższą płaszczyznę gryfu do uzyskania równej powierzchni				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> Noże HSS 640x35x3 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> Prędkość obr.: 4800obr./min Posuw: 12m/min Głębokość skrawania: 10mm Ilość przejść: - 			Uwagi:	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	105	1/1		24 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Piłowanie				
Nr operacji:	105	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	1
Nazwa operacji:	Piłowanie poprzeczne	Urządzenie:	Pilarka formatowa		
Material:	Gryf – Mahoń - Klejonka				
Indeks materiałowy:	Mahoń: 650kg/m ³ ; ≈750x100x50, 9% wilg., 1 szt.;				
Opis operacji:	1. Piłować poprzecznie u nasady gryfu(klejonki) w celu osiągnięcia długości 337 mm najdłuższej płaszczyzny				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Piła tarczowa z ostrzami z węglików spiekanych D=350, d=30, z=40, b=4,5, kąt pochylenia piły 75 stopni, ostrza z węglików spiekanych • Piła podcinająca D=125, d=20, b=3,1, z=24, kąt natarcia 5°, ostrza z węglików spiekanych • Osłona piły • Klin rozszczepiający • Prowadnica 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Posuw 10m/min • Prędkość obrotowa piły tarczowej głównej 2800obr/min • Prędkość obrotowa podcinaka 7500obr/min 			Uwagi:	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

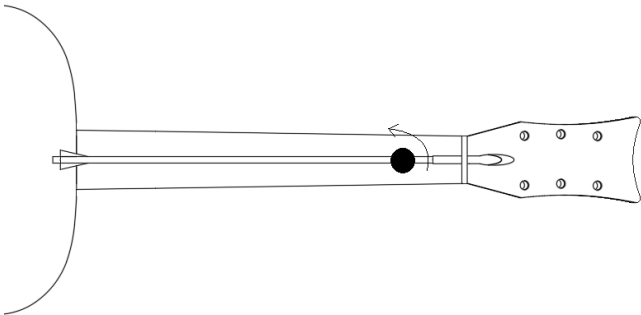
Karta technologiczna operacji		Strona: 1/1	SGGW WTD	Arkusz: 25 / 43	Data: 31.01.2021
Nr karty:	110				
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Frezowanie				
Nr operacji:	110	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	5
Nazwa operacji:	Frezowanie kształtu gryfu		Urządzenie:	Centrum obróbcze CNC	
Materiał:	Gryf – Mahoń - Klejonka				
Indeks materiałowy:	Mahoń: 650kg/m ³ ; ≈560x100x50, 9% wilg., 1 szt.;				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Frezować wstępny kształt gryfu i główki frezem prostym 2. Frezować wygładzająco frezem kulistym 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Frez trzpieniowy prosty VHM, D=10, z=2 • Frez kulowy VHM, D10 				
Rysunek poglądowy:					
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Posuw: 8m/min • Prędkość obrotowa: 16 000 • Grubość skrawanej warstwy: 2mm 		Uwagi: Dokładnie ustawić element i skalibrować punkt zerowy na obrabiarce CNC względem ułożenia klejonki na stole ze względu na niewielkie naddatki wymiarowe. Ewentualny błąd ustawienia wpływający na długość elementu rekompensować modyfikując wymiary „jaskółczego ogona” na dalszym etapie		
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	110	1/1		26 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Frezowanie				
Nr operacji:	110	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	5
Nazwa operacji:	Frezowanie wypustu u nasady gryfu	Urządzenie:	Frezarka górnoprzecionowa		
Material:	Korpus z płyt rezonansowych – klon, mahoń				
Indeks materiałowy:	Płyta Mahoń 650kg/m ³ , 496x384x3 1szt. Płyta Klon 680kg/m ³ , 496x384x3 1szt. Kłoczek Świerk 115x70x25 1szt				
Opis operacji:	1. Frezować na jaskółczy ogon po całej długości wypustu				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> Frez trzpieniowy „na jaskółczy ogon” fi18, $\alpha=75$, VHM, z=10, H=30, d=8 				
Rysunek poglądowy:					
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> Prędkość obrotowa: 18 000 obr./min 		Uwagi: W razie braku narzędzia użyć frezu na jaskółczy ogon o innych parametrach		
			Opracował: Bartosz Wojenka		

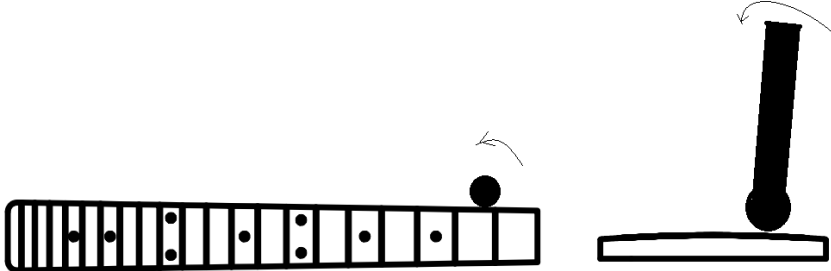
Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	115	1/1		27 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Frezowanie				
Nr operacji:	115	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	5
Nazwa operacji:	Frezowanie nasadki główki	Urządzenie:	Centrum obróbcze CNC		
Materiał:	Nakładka Obłóg Klon				
Indeks materiałowy:	Obłóg Klon 680kg/m3, 200x100x3.2 1szt.				
Opis operacji:	1. Frezować przelotowo element według szablonu.				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> Frez trzpieniowy VHM D=8.3 mm, Z=2 				
Rysunek poglądowy:					
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> Posuw: 8m/min Prędkość obrotowa: 16 000 Grubość skrawanej warstwy: 2mm 			Uwagi:	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	120	1/1		28 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Klejenie				
Nr operacji:	120	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	4
Nazwa operacji:	Klejenie nakładki główki	Urządzenie:			
Material:	Gryf Mahoń Klejonka Nakładka Oblóg Klon				
Indeks materiałowy:	Główka Mahoń 650kg/m ³ , 165x80x13 Oblóg Klon 680kg/m ³ , 165x80x3.2 1szt.				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Smarować frontową płaszczyznę główki oraz płaszczyznę nakładki klonowej o wymiarze 165x80x3.2 2. Kleić powierzchnie pod naciskiem ścisków z uwzględnieniem osi gryfu 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Klej poliizocyjanianowy • Wałek malarski • Ściski stolarskie • Podkładki drewniane 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Czas prasowania: 30 minut • Temperatura: 20oC 			Uwagi:	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD		Arkusz:	Data:
Nr karty:	125	1/1			29 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna						
Grupa operacji:	Wiercenie					
Nr operacji:	125	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	11	
Nazwa operacji:	Wiercenie otworów na klucze		Urządzenie:	Wiertarka stołowa		
Materiał:	Korpus z płyt rezonansowych – klon, mahoń					
Indeks materiałowy:	Główka Mahoń 650kg/m ³ , 165x80x13 Obłóg Klon 680kg/m ³ , 165x80x3.2 1szt.					
Opis operacji:	1. Wiercić przelotowo w otworach wyznaczonych przez nakładkę					
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> Wiertło VHM D=8.3, d=8, z=2 					
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> Prędkość obrotowa: 2500 obr./min 			Uwagi: W razie braku narzędzia użyć frezu na jaskółczy ogon o innych parametrach		
			Opracował: Bartosz Wojenka			

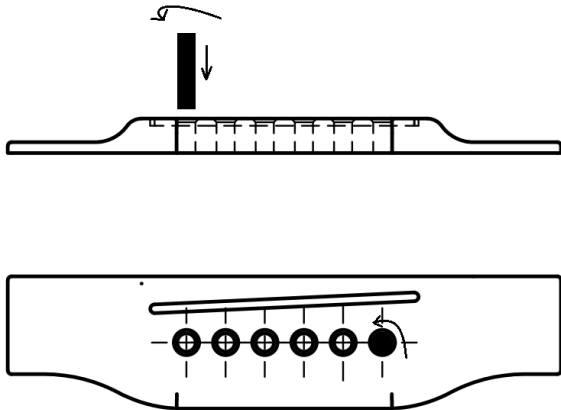
Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty: 130		1 / 1		30 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:		Frezowanie			
Nr operacji:	130	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	5
Nazwa operacji:	Frezowanie kanału pręta napinającego	Urządzenie:	Frezarka górnoprzecionowa		
Material:	Mahoń Świerk Klon				
Indeks materiałowy:	-				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Frezować kanał frezem trzpieniowym od główki w stronę korpusu zgodnie z osią instrumentu na głębokość 7mm 2. Frezować kanał frezem kulowym D10 w celu umożliwienia dostępu do nakrętki regulacyjnej 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Frez trzpieniowy VHM D=6 mm, Z=2 • Frez kulowy VHM D=10 				
Rysunek poglądowy:					
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Prędkość obrotowa: 18 000 obr./min 			Uwagi:	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona: 1/1	SGGW WTD	Arkusz: 31 / 43	Data: 31.01.2021
Nr karty:	135				
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Piłowanie				
Nr operacji:	135	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	1
Nazwa operacji:	Piłowanie poprzeczne		Urządzenie:	Pilarka formatowa	
Materiał:	Półfabrykat – Listwa szlifowana Palisander				
Indeks materiałowy:	Palisander: 830kg/m ³ ; 1000x100x10, 9% wilg., 1 szt.;				
Opis operacji:	1. Piłować poprzecznie w celu pozyskania z listwy jednego elementu o wymiarze 500x100x10 oraz jednego o wymiarze 200x100x10				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Piła tarczowa z ostrzami z węglików spiekanych D=350, d=30, z=40, b=4,5, kąt pochylenia piły 75 stopni, ostrza z węglików spiekanych • Piła podcinająca D=125, d=20, b=3,1, z=24, kąt natarcia 5°, ostrza z węglików spiekanych • Osłona piły • Klin rozszczepiający • Prowadnica 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Posuw 10m/min • Prędkość obrotowa piły tarczowej głównej 2800obr/min • Prędkość obrotowa podcinaka 7500obr/min 			Uwagi:	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty: 140		1 / 1		32 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:		Frezowanie			
Nr operacji:	140	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	5
Nazwa operacji:	Frezowanie kształtu podstrunnicy	Urządzenie:	Centrum obróbcze CNC		
Material:	Palisander formatka				
Indeks materiałowy:	Palisander, 830kg/m ³ . 500x100x10, 9% wilg. 1szt.				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nadać radius frezem kulowym 2. Wyznaczyć rozmieszczenie progów według szablonu frezem V-type na głębokość 1mm 3. Frezować położenie markerów według szablonu frezem trzpieniowym 4. Frezować przelotowo kształt podstrunnicy według szablonu frezem trzpieniowym 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Frez trzpieniowy VHM D=6 mm, d=8 Z=2 • Frez kulowy VHM D=10, d=8 • Frez grawerski V-type VHM D=0,1, α=60 stopni, d=6mm 				
Rysunek poglądowy:					
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Posuw: 8m/min • Prędkość obrotowa: 16 000 • Grubość skrawanej warstwy: 2mm 			Uwagi: Markery można inkrustować forniem lub zalać kontrastującą żywicą akrylową	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	145	1 / 1		33 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Frezowanie				
Nr operacji:	145	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	4
Nazwa operacji:	Piłowanie gniazd na progi		Urządzenie:	-	
Materiał:	Palisander podstrunnica				
Indeks materiałowy:	Palisander, 830kg/m ³ . 445x58x6, 9% wilg. 1 szt.				
Opis operacji:	1. Nacinać wyznaczone na podstrunnicy pozycje progów na głębokość 2mm				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Piłka japońska 0,7mm 				
Parametry obróbki:				Uwagi:	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	150	1 / 1		34 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Frezowanie				
Nr operacji:	150	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	5
Nazwa operacji:	Frezowanie mostka	Urządzenie:	Centrum obróbcze CNC		
Material:	Palisander formatka				
Indeks materiałowy:	Palisander, 830kg/m ³ . 200x100x10, 9% wilg. 1szt.				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Frezować krzywizny powierzchni mostka frezem kulowym 2. Frezować położenie siodełka według szablonu frezem trzpieniowym 3. Frezować przelotowo kształt mostka według szablonu frezem trzpieniowym 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Frez trzpieniowy VHM D=6 mm, d=8 Z=2 • Frez kulowy VHM D=10, d=8 • Frez grawerski V-type VHM D=0,1, α=60 stopni, d=6mm 				
Rysunek poglądowy:					
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Posuw: 8m/min • Prędkość obrotowa: 16 000 obr./min • Grubość skrawanej warstwy: 2mm 			Uwagi:	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD		Arkusz:	Data:
Nr karty:	155	1 / 1			35 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna						
Grupa operacji:	Frezowanie					
Nr operacji:	155	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	5	
Nazwa operacji:	Wiercenie		Urządzenie:	Centrum obróbcze CNC		
Materiał:	Palisander mostek					
Indeks materiałowy:	Palisander, 830kg/m ³ . 153x35x9,5, 9% wilg. 1szt.					
Opis operacji:	1. Wiercić otwory na kołki naciągowe według schematu					
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> Wiertło VHM D=5, d=6, z=2 					
Rysunek poglądowy:						
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> Posuw: 8m/min Prędkość obrotowa: 16 000 obr./min Głębokość: 9,5mm 				Uwagi:	
			Opracował: Bartosz Wojenka			

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	160	1/1		36 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Klejenie				
Nr operacji:	160	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	4
Nazwa operacji:	Klejenie gryfu	Urządzenie:			
Material:	Tarcica strugana mahoniowa				
Indeks materiałowy:	Zespół elementów drewnianych Korpus-gryf				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kleić podstrunnice do płaszczyzny gryfu uwzględniając oś symetrii gryfu 2. Kleić nasadę gryfu oraz część podstrunnicy opierającą się na płycie wierzchniej do pudła rezonansowego 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Klej poliizocyjanianowy • Wałek malarski • Pędzel • Ściski stolarskie • Podkładki drewniane 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Czas prasowania: 30 minut • Temperatura: 20oC 			Uwagi: Podczas klejenia podstrunnicy należy uprzednio włożyć napinający i zabezpieczyć go przed klejem np. paskiem taśmy.	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji	Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty: 165	1 / 1		37 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna				
Grupa operacji:	Szlifowanie			
Nr operacji:	165	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr: 4
Nazwa operacji:	Szlifowanie wygładzające	Urządzenie:	-	
Materiał:	Półfabrykat - Obłóg klonowy; Obłóg mahoniowy;			
Indeks materiałowy:	Zespół elementów drewnianych Korpus-gryf			
Opis operacji:	1. Szlifować wygładzając powierzchnie zewnętrzne elementów gryfu oraz korpusu w celu nadania jednolitej chropowatości powierzchni. Szlifować do momentu pozbycia się widocznych rys i krawędzi ostrych.			
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Twarda kostka gumowa do papieru ściernego • Papier ścierny P150 – P240 – P320 			
Uwagi: Podstrunnica i mostek muszą zostać wyszlifowane papierem bardzo wysokiej gradacji z uwagi to, że nie będzie zabezpieczana lakierem. W tym celu zaleca się skorzystanie z multiszlifierki.				
		Opracował:	Bartosz Wojenka	

Karta technologiczna operacji	Strona:		SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty: 170	1/1			38 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Klejenie				
Nr operacji:	170	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	4
Nazwa operacji:	Klejenie mostka		Urządzenie:		
Material:	Klon Palisander				
Indeks materiałowy:	Zespół elementów drewnianych Korpus-gryf				
Opis operacji:	1. Kleić mostek w osi instrumentu do płyty wierzchniej korpusu na długości odpowiadającej początkowi podstrunnicy przy główce gryfu i końcowi stanowiącemu podparcie siodełka w odległości 647,7mm od początku podstrunnicy				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Klej poliizocyjanianowy • Wałek malarski • Pędzel • Ściski stolarskie • Podkładki drewniane 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Czas prasowania: 30 minut • Temperatura: 20oC 			Uwagi: Podczas klejenia podstrunnicy należy uprzednio włożyć napinający i zabezpieczyć go przed klejem np. paskiem taśmy.	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty: 175		1 / 1		39 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:		Wiercenie			
Nr operacji:	175	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	5
Nazwa operacji:	Wiercenie		Urządzenie:	Wiertarka	
Material:	Palisander mostek				
Indeks materiałowy:	Palisander, 830kg/m ³ . 153x35x9,5, 9% wilg. 1szt.				
Opis operacji:	3. Wiercić przelotowo w płycie wierzchniej otwory na kołki naciągowe według pozycji wynikających z otworów nawierconych w mostku. 4. Wiercić fazę wokół otworu przy pomocy gzymkownika zagłębiając się 1mm				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Wiertło VHM D=5, d=6, z=2 • Gzymkownik fi16 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Posuw: 8m/min • Prędkość obrotowa: 16 000 obr./min • Głębokość: 12,5mm 			Uwagi: Aby uniknąć problemu z usuwaniem wiórów z pudła rezonansowego zaleca się użyć odkurzacza podczas wiercenia.	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty: 180		1 / 1		40 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:		Szlifowanie			
Nr operacji:	180	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	4
Nazwa operacji:	Szlifowanie wygładzające	Urządzenie:		-	
Material:	Palisander mostek, podstrunnica				
Indeks materiałowy:	Zespół elementów drewnianych Korpus-gryf				
Opis operacji:	1. Szlifować wygładzając powierzchnię podstrunnicy i mostka aż do uzyskania połysku				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> Papier ścierny P500 – P800 – P1200 – P3000 Multiszlifierka precyzyjna do szlifowania papierem P500-P3000 				
Uwagi: Podstrunnica i mostek muszą zostać wyszlifowane papierem bardzo wysokiej gradacji z uwagi to, że nie będą zabezpieczane lakierem. W tym celu zaleca się skorzystanie z multiszlifierki.					
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	185	1 / 1		41 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Montaż				
Nr operacji:	185	Oddział:	Hala stolarska	Stanowisko nr:	4
Nazwa operacji:	Montaż progów		Urządzenie:	-	
Materiał:	Palisander podstrunnica				
Indeks materiałowy:	Palisander, 830kg/m3. 445x58x6, 9% wilg. 1 szt.				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wtłaczać progi pojedynczo przy pomocy praski lub nabijać gumowym młotkiem. 2. Zamocowane progi obcinać, a krawędzie piłować pod kątem 45 stopni do płaszczyzny podstrunnicy 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Obcęgi do drutu • Pilniki do metalu • Gumowy młotek 				
Uwagi: Przed wtłoczeniem progu wpuścić do wyciętego rowka kilka kropli kleju cyjanoakrylowego,					
			Opracował:	Bartosz Wojenka	

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty: 190		1 / 1		42 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:		Lakierowanie			
Nr operacji:	190	Oddział:	Hala lakiernicza	Stanowisko nr:	1
Nazwa operacji:	Lakierowanie		Urządzenie:	Agregat lakierniczy	
Material:	Klon Mahoń				
Indeks materiałowy:	Zespół elementów konstrukcyjnych gitary				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zabezpieczyć otwór rezonansowy, płaszczyznę podstrunnicy oraz mostek taśmą malarską 2. Odpylić instrument 3. Lakierować natryskowo 4. Pozostawić do wyschnięcia 5. Polerować 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Pistolet natryskowy, dysza fi0,5 • Odzież ochronna • Lakier poliuretanowy + utwardzacz • Pasta polerska • Polerka oscylacyjna • Futerko polerskie • Mikrofibra 				
Parametry obróbki:	<ul style="list-style-type: none"> • Ciśnienie: 2,5 atmosfery • Warstwy: 4 • Czas schnięcia warstwy: 3h 			Uwagi: Można stosować zamiennie lakiery nitrocelulozowe, jednak są mniej odporne na działanie promieni UV	
			Opracował: Bartosz Wojenka		

Karta technologiczna operacji		Strona:	SGGW WTD	Arkusz:	Data:
Nr karty:	195	1 / 1		43 / 43	31.01.2021
Drewniana gitara akustyczna					
Grupa operacji:	Montaż				
Nr operacji:	195	Oddział:	Magazyn	Stanowisko nr:	1
Nazwa operacji:	Montaż osprzętu		Urządzenie:	-	
Materiał:	Zespół elementów konstrukcyjnych gitary				
Opis operacji:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Zamontować maszynki do strojenia 2. Przykleić siodełka 3. Napiąć pręt napinający 4. Nawinąć struny 				
Pomoce warsztatowe:	<ul style="list-style-type: none"> • Obcęgi do drutu • Klucz nasadkowy 7mm • Struny 				
Uwagi: Ostatnim etapem, który nie został ujęty w opisie operacji montażu, jest ustawienie gitary. Zabieg wymaga podejścia estetycznego do dźwięku i ergonomicznego w wygodzie, zatem nie da się jednoznacznie określić jak go przeprowadzić.					
			Opracował:	Bartosz Wojenka	

5. BIBLIOGRAFIA

Źródła literaturowe:

1. Bielczyk S., Bobrowicz E., 1960, *Badania niektórych własności świerkowego drewna rezonansowego pochodzenia polskiego i rumuńskiego*. Prace Instytutu Technologii Drewna, Poznań.
2. Błaś K., Templin G., 2008, *Gitara krok po kroku cz. 4. Jak kupić gitarę*, Radwanice k. Wrocławia.
3. Denyer R., 1992, *The Guitar Handbook*, Pan Books, Londyn.
4. Góralski A., 1996, *Gitara akustyczna*, GS Media, Poznań.
5. Harajda H., Łapa A., 2002, *Akustyczne zagadnienia lutnictwa. Część I. dobór drewna*, Akademia Muzyczna im. J. Paderewskie, Poznań.
6. Hiscock M., 1998, *Make Your Own Electric Guitar*, NBS Publications, Basingstoke.
7. Kamiński W., Świrek J., 1972, *Wstęp do sztuki lutniczej*, Polskie Wydawnictwo Muzyczne, Warszawa.
8. Krzysik F., 1975, *Nauka o drewnie*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
9. Makarewicz R., 2002, *Dźwięki i fale*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
10. Panufnik T., 1926, *Sztuka lutnicza*, Wydawnictwo Kasy im. J. Mianowskiego Instytutu Popierania Nauki, Warszawa.
11. Przedpeńska-Bieniek M., 2011, *Dźwięki i instrumenty muzyczne. Nauka o instrumentach*, Wydawnictwo Sonoria, Warszawa.
12. Serrano J., 2008, *The Flamenco Classical Guitar Tradition*, Mel Bay Publications, Fenton.
13. Soltan A., 1978, *Zanikające zawody. Lutnictwo*, Warszawa.
14. Wesołowski F., 1986, *Zasady muzyki*, Polskie Wydawnictwo Muzyczne, Kraków.

Spis norm:

1. BN-67/7111-12; Tarcica rezonansowa iglasta.
2. BN-69/9221-05; Drewno liściaste rezonansowe.
3. BN-67/7111-14; Tarcica liściasta do wyrobu instrumentów muzycznych.
4. BN-70/9221-06; Drewno rezonansowe z drzew iglastych.
5. PN-56/D-95070; Drewno rezonansowe z drzew liściastych.
6. PN-63/D-95071; Drewno rezonansowe z drzew iglastych.

Strony internetowe:

- <http://music.africamuseum.be/determination/english/instruments/musical%20bow.html?fbclid=IwAR06TX4Gx9fUzNWHZkH6VShM8XRfGCW48PRqJJrxZgWLdZ14Uj5-X4mYQG4> [dostęp: 13.01.2021]
- https://en.wikipedia.org/wiki/Acoustic_guitar [dostęp: 17.01.2021]
- <https://caslabs.case.edu/medren/medieval-instruments/gittern-medieval/> [dostęp: 13.01.2021]
- <https://www.radiowroclaw.pl/articles/view/84623/REPORTAZ-Do-ostatniego-akordu-POSLUCHAJ> [dostęp: 14.01.2021]
- <http://www.fnguitars.com> [dostęp: 19.01.2021]
- <https://www.youtube.com/watch?v=0ShEIwznLGI> [dostęp: 19.01.2021]
- <https://www.youtube.com/watch?v=Cylr2aG6zAw> [dostęp: 19.01.2021]
- <https://blog.taylorguitars.com/acoustic-guitar-cutaways-vs-noncutaways> [dostęp: 21.01.2021]
- <https://graphtech.com/collections/tusq-nuts-guitar> [dostęp 23.01.2021]
- <https://ciszatezgra.pl/artykuly/w-poszukiwaniu-gitary-idealnej/> [dostęp 24.01.2021]
- https://muzyczny.pl/201242_Schaller-SC501190-Klucze-gitarowe-ST6B-3-lewe-3-prawe-Nikiel.html?gclid=Cj0KCQiAmL-ABhDFARIsAKywVafFvCgjbmbBo0x-OfhjX8O4ZBtvm4cSF7KyCABurR5XCQSdSJmfMhxEaApQyEALw_wcB [dostęp: 25.01.2021]
- https://taniestruny.pl/czesci-gitarowe/czesci-gitarowe/kolki-do-mostkow/kolki-do-mostka-graph-tech-tusq-paua-shell-4-93-mm?gclid=Cj0KCQiAmL-ABhDFARIsAKywVaeHy5nqpMLp9HnY_lpZTBvzAzjHjuFEbKeo0__GU4A5cm7YiKiW2-waAtXPEALw_wcB [dostęp: 25.01.2021]
- <https://guitarproject.pl/p/1121/30678/klej-do-drewna-titebond-iii-ultimate-wood-237ml--kleje-i-akcesoria-lakiery-i-kleje-lutnictwo.html> [dostęp: 26.01.2021]
- <https://forumlutnicze.pl/viewtopic.php?t=537> [dostęp: 26.01.2021]
- <https://artykulytechniczne.pl/blog/parametry-skrawania/> [dostęp: 27.01.2021]
- <https://www.lmii.com/bending-heating/3204-bending-machine-for-sides-price-starts-at.html> [dostęp: 28.01.2021]
- <https://napiwoda.com/oferta> [dostęp: 29.01.2021]
- <https://mayshop.pl/product-pol-2700-Progi-Sintoms-Stainless-Steel.html> [dostęp: 29.01.2021]

Źródła zdjęć:

- Rys. 1.** http://music.africamuseum.be/determination/pic/congo%20drc/tn/tn_gebogen.jpg
[dostęp: 13.01.2021]
- Rys. 2.** <https://artscimedia.case.edu/wp-content/uploads/sites/146/2015/04/14215046/gitternfront.jpg> [dostęp: 13.01.2021]
- Rys. 3.** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ea/Girolamo_dai_Libri-Altarpiece-Detail_of_musician_playing_a_vihuela_da_mano.jpg
[dostęp: 13.01.2021]
- Rys. 4.** <https://gildeavallenguitars.files.wordpress.com/2015/01/dionisio-aguado-tripodison.jpg> [dostęp: 13.01.2021]
- Rys. 5.** <https://cdn.mos.cms.futurecdn.net/nrPBiyipuRbkfaEpsckU6W-970-80.jpg.webp>
[dostęp: 13.01.2021]
- Rys. 6.** https://cdn.shopify.com/s/files/1/0052/0326/3577/products/CE4412-5_hqw-side_2048x.jpg?v=1579589269 [dostęp: 13.01.2021]
- Rys. 7.** <https://www.radiowroclaw.pl/img/articles/84623/REPORTAZ-Do-ostatniego-akordu-POSLUCHAJ-3.jpg> [dostęp: 14.01.2021]
- Rys. 8.** Wesołowski F., 1986, *Zasady muzyki*, Polskie Wydawnictwo Muzyczne, Kraków, str. 10.
- Rys. 9.** Wesołowski F., 1986, *Zasady muzyki*, Polskie Wydawnictwo Muzyczne, Kraków, str. 10.
- Rys. 10.** Bielczyk S., Bobrowicz E., 1960, *Badania niektórych własności świerkowego drewna rezonansowego pochodzenia polskiego i rumuńskiego*. Prace ITD, Poznań, str. 16.
- Rys. 11.** Harajda H., Łapa A., 2002, *Akustyczne zagadnienia lutnictwa. Część I. dobór drewna*, Akademia Muzyczna im. J. Paderewskie, Poznań, str. 41.
- Rys. 12.** <https://youtu.be/0ShEIwznLGI?t=295> [dostęp: 19.11.2021]
- Rys. 13.** Denyer R., 1992, *The Guitar Handbook*, Pan Books, Londyn, str. 45.
- Rys. 14.** <https://www.djangobooks.com/media/ecom/prodlg/1934-gibson-l5-2-front-close.jpg> [dostęp: 29.11.2021]
- Rys. 15.** https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/0/09/Body_Shape_Guitars.jpg [dostęp: 17.01.2021]
- Rys. 16.** Góralski A., 1996, *Gitara akustyczna*, GS Media, Poznań, str. 26.
- Rys. 17.** Denyer R., 1992, *The Guitar Handbook*, Pan Books, Londyn, str. 34.

- Rys. 18.** <https://blog.taylorguitars.com/wp-content/uploads/2017/07/Taylor-710ce-WSB-cut-non-cut-crop-sm.jpg> [dostęp: 21.01.2021]
- Rys. 19.** Denyer R., 1992, *The Guitar Handbook*, Pan Books, Londyn, str. 39.
- Rys. 20.** Góralski A., 1996, *Gitara akustyczna*, GS Media, Poznań, str. 13.
- Rys. 21.** Góralski A., 1996, *Gitara akustyczna*, GS Media, Poznań, str. 18.
- Rys. 22.** <https://ciszatezgra.pl/wp-content/uploads/2016/02/18-300x266.png> [dostęp: 23.01.2021]
- Rys. 23.** https://thumbs.static-thomann.de/thumb/orig/pics/bdb/277874/11259199_800.webp [dostęp: 23.01.2021]
- Rys. 24.** <https://muzyczny.pl/towary/146915.jpg> [dostęp: 23.01.2021]
- Rys. 28.** https://www.lmii.com/3856-large_default/bending-machine-for-sides-price-starts-at.jpg [dostęp: 28.01.2021]
- Rys. 29.** https://muzikercdn.com/uploads/products/511/51177/thumb_d_gallery_base_d47a40fe.jpg [dostęp: 23.01.2021]
- Rys. 35.** <https://muzyczny.pl/towary/205860.jpg> [dostęp: 23.01.2021]
- Rys. 36.** <https://sklep.titebond.pl/p/titebond-ultimate-iii-946-ml> [dostęp: 29.01.2021]
- Rys. 37.** <https://hydraulicmegastore.com/wp-content/uploads/2014/01/B406-TDS.pdf> [dostęp: 29.01.2021]
- Rys. 38.** https://www.ksieciunio.pl/upload/sklep777/SPECYFIKACJE/Universal-Classic_KT.pdf [dostęp: 29.01.2021]
- Rys. 40.** <https://www.sklep.csv.pl/Data/Files/Secure/ProductFiles/RLN-LPU132-X25/lpu132-tds.pdf> [dostęp: 29.01.2021]

Wyrażam zgodę na udostępnienie mojej pracy w czytelniach Biblioteki SGGW w tym w
Archiwum Prac Dyplomowych SGGW

.....
(czytelny podpis autora pracy)

