



STRUNY MUZYCZNE

STEPHEN PAULELLO

Produkować struny muzyczne znaczy szanować: normy w doborze materiałów, tolerancję średnic, doskonałość walca, regularność naciągu, odporność na korozję, wytrzymałość i elastyczność na zgjęcia itd. Produkować struny najwyższej jakości znaczy jeszcze więcej: to poszukiwanie doskonałej równowagi SPEKTRUM, poprawianie współczynnika wewnętrznego tłumienia i przyspieszania procesu stabilizacji po naprężaniu.

Dzięki owocnym staraniom przy produkcji strun, powolnej prędkości ich naciągania, doborowi liczby żelaza w stopie stali, niskiemu stopniu deformacji i wreszcie dzięki jakości płynącej z wypolerowania, struny Stephena Paulello spełniają wszystkie te wymagania. Ponadto struny te pięknie wyglądają, wspaniale brzmią, trzymają strój i posiadają nadzwyczajną równomierność mechanicznej wydajności.

Jakość i barwa dźwięku strun budziły niegdyś liczne dyskusje wśród muzyków, producentów i techników budowy fortepianów. Tymczasem fakt, że od dziesięcioleci brakuje już wyboru strun nie stanowi przedmiotu szczególnego zainteresowania w świecie fabryk produkujących fortepiany i pianina.

STEPHEN PAULELLO proponuje pięć rodzajów strun stalowych, w dwóch wykończeniach, wznawiając tym samym dyskusję na temat konieczności posiadania wyboru w produkcji czy naprawie instrumentów „nowoczesnych”, jak również rekonstrukcji modeli starych instrumentów.

Jakie są charakterystyczne cechy poszczególnych typów strun?

Pięć typów strun:

Ultra odporne:

- **Typ XM** : ultra odporne struny

Przeznaczone raczej do współczesnych instrumentów, intensywnie eksploatowanych pod względem gry na nich, których struny w basie i dyskancie są w związku z tym przeciążone (sprawdzić z typogramem).

Granica rozerwania struny leży powyżej aktualnych standardów: 2600 do 3000 Newton na mm² w zależności od średnicy.

POLEROWANE LUB NIKLOWANE : Zwoje 500 Gr : od 0,775 mm do 1,050 mm (13 do 18½)
Zwoje 2 Kg : od 0,975 mm do 1,200 mm (17 do 21½)

współczesne:

- **Typ M** : delikatne i świetliste tony w dyskancie. Wyśmienicie zrównoważone spektrum brzmienia.

Przeznaczone raczej do instrumentów wyprodukowanych **od roku 1880 do dnia dzisiejszego** (sprawdzić z typogramem).

Granica rozerwania struny leży pomiędzy 2200 do 2550 Newton/mm² w zależności od średnicy.

POLEROWANE : Zwoje 500 Gr i 2 Kg od 0,725mm do 1,6 mm (12 do 26)
NIKLOWANE : Zwoje 500 Gr : od 0,775 do 1,300 mm (13 do 23)
Zwoje 2 Kg : od 0,775 to 1,600 mm (13 do 26)

postromantyczny :

- **Typ 0** : bogate i kompleksowe brzmienie.

Przeznaczone raczej do instrumentów wyprodukowanych w latach **1880-1890** (sprawdzić z typogramem).

Granica rozerwania struny leży pomiędzy 1700 do 2200 Newton/mm² w zależności od średnicy.

POLEROWANE : Zwoje 500 Gr i 2 Kg : od 0,725mm do 1,6 mm (12 do 26)

NIKLOWANE : Zwoje 500 Gr : od 0,775 do 1,175 mm (13 do 21)

Zwoje 2 Kg : od 0,975 to 1,600 mm (17 do 26)

romantyczny :

- **Typ 1** : Brzmienie podobne do wiolonczeli.

Przeznaczone raczej do instrumentów wyprodukowanych w latach od około **1840 do 1870** (sprawdzić z typogramem).

Granica rozerwania struny leży pomiędzy 1200 do 1900 Newton /mm² w zależności od średnicy.

POLEROWANE : Zwoje 500 Gr : od 0,575mm do 1,6 mm (9 do 26)

NIKLOWANE : Zwoje 500 Gr : od 1,000 do 1,175 mm (17½ do 21)

- **Typ 2** : Przeznaczone do romantycznego pianoforte.

Przeznaczone raczej do instrumentów wyprodukowanych w latach od **1820 do 1840** (sprawdzić z typogramem).

Granica rozerwania struny leży pomiędzy 1000 do 1400 Newton/mm² w zależności od średnicy.

POLEROWANE : Zwoje 500 Gr i 250 Gr : od 0,400 mm do 1,4 mm (5 do 24)

WERSJA NIKLOWANA

Struna oksydowana jest trudniejsza, a czasem nawet niemożliwa do nastrojenia.

Jej właściwości dźwiękowe nie są już tak dobre. Brzmienie jest ostre i krótkie. Ochrona stali nierdzewnej przed utlenieniem może ten problem zlikwidować.

Dlatego też typy XM, M, 0 i 1 są dostępne w niklowane wykonaniach.

Wersja niklowana daje dodatkowy urok brzmienia.

Taka obróbka różni się gruntownie od zazwyczaj praktykowanego ocynowania. Stosowana technologia jest dużo bardziej skomplikowana, co wyjaśnia dlaczego takie struny nie były dotąd produkowane. Warstwa niklu – 4μ jest dużo twardsza od cyny i dzięki elektrolizie ściśle przylega do stali. Nie ma obawy, że nastąpi rozpad niklu podczas nawijania oczek, cwikowania czy strojenia.

dokonać właściwego wyboru :

- **Marka, rok budowy i miejsce pochodzenia instrumentu: te informacje dokumentacyjne nie są jednak wystarczające.**

- **Masa objętościowa metalu (gęstość): czynnik nieistotny.**

To ważna informacja, która należy do formuły wyliczania siły rozciągłości struny. **Masa objętościowa (gęstość)** wyraża się w Gr/cm^3 i leży, w zależności od materiału, pomiędzy wartościami minimalnymi $7,65 \text{ Gr} / \text{cm}^3$ dla żelaza i wartościami maksymalnymi od $7,95\text{gr}/\text{cm}^3$ dla stopów stali. Z uwagi na fakt, że pomiędzy tymi dwoma ekstremami istnieje jedynie 4 % różnicy w sile naciągu struny, można pozostawić ten czynnik poza uwagę.

- **Moduł sprężystości lub moduł Younga: E: interesujący czynnik.**

Moduł sprężystości ma znikomy wpływ na obliczanie siły naciągu. Bierze natomiast udział w obliczaniu wskaźnika nieharmonijności strun. Poprzez wiele pomiarów starych strun stalowych zachowanych w doskonałym stanie, a pochodzących od historycznych instrumentów, stwierdzono, że właściwości elastyczne tychże strun, w zależności od epoki, były bardzo zbliżone.

- **Procent naciągu/naprężenia : nieodzowne kryterium.**

Kryterium to dotyczy *brzmienia i zachowania się mechanicznego* struny.

Brzmienie: Powszechnie uznaje się, że żeby struna drgała w całej pełni przy minimalnym tłumieniu wewnętrznym jak również przy dobrej równowadze spektralnej, musi być naciągnięta do około **50 do 75%** swojej praktycznej wytrzymałości na zerwanie (PWZ). (To pojęcie jest wyjaśniane dalej). Zbyt duży naciąg lub zbyt mały dają złe rezultaty brzmieniowe.

Zachowanie mechaniczne: Trzeba zrozumieć trzy następujące pojęcia:

- **Nominalna wytrzymałość na zerwanie (NWZ)**. Wartość ta odpowiada sile maksymalnego naciągu jakiemu włókno stali może być poddane przed zerwaniem. Wyniki, otrzymane w warunkach laboratoryjnych wahają się w granicach od 1000 do 2550 Newtona na mm^2 , według średnicy i typu użytej stali.
- **Praktyczna wytrzymałość na zerwanie (PWZ)**. Zużycie się strun pierwotnie założonych w pianinie, jak również różne ich odkształcenia, pętle i zagięcia zmniejszają ich wydajność. Trzeba zatem zmniejszyć wyniki nominalnej wytrzymałości na zerwanie (R_m) o 15% dla typu II i 25% dla innych typów. Wartości podane są dla poszczególnych typów i średnic w tabeli poniżej.
- **Granica sprężystości**: Oprócz końcowej fazy zwanej zerwaniem (pęknięciem), naciąganie struny przechodzi przez dwie pierwsze fazy:
 - **Faza elastyczna** podczas której intensywność naprężenia powoduje wydłużenie się struny, które zanika jak tylko ustaje naciąganie.
 - **I faza plastyczna** podczas której intensywność naprężenia powoduje wydłużenie, które zanika tylko częściowo wraz z ustępującym naciskiem ale nieodwracalnie zniekształca strunę, która już nie trzyma strojenia, staje się bardzo nieharmonijna, później się urywa.

Nie należy przekraczać granicy umieszczonej między fazą elastyczności i fazą plastyczną.

Ta granica nazywa się **granica elastyczną**. Znajduje się ona na poziomie około 85% praktycznej wytrzymałości na zerwanie.

Jak praktycznie osiągnąć to idealne napięcie

Zmierzyć długość drgającą struny i średnicę, a uzyskane wartości wpisać do typogramu.

Typogram jest w formie arkusza Excel, który jest powiązany z instrukcją obsługi. To zaoszczędzi Państwu konieczności długotrwałych obliczeń.

Obowiązują następujące wytyczne:

Procentowe obciążenie od 50 à 60% w basie jest idealne.

Przy zachowaniu oryginalnej średnicy jest to jednak żądko możliwe.

Zacznąć przy 50 % obciążenia dla Subkontra A2

Następnie do 75 % dla ostatniej pojedynczej struny.

50% przy pierwszej podwójnej strunie do maksymalnie 75 % dla ostatniej podwójnej struny

Ok. 50% circa dla pierwszej struny stalowej w przejściu.

Ok. 60% dla a1

Ok. 65% dla a2

Ok. 70% dla a3

78 do 80 % dla c5

Przy robieniu nowego naciągu wskazane jest stosowanie kilku typów strun (**naciąg hybrydowy**), aby poprawić całkowite brzmienie dzięki optymalnemu procentowi naciągu/naprężenia.

Takie prace wstępne są czasochłonne, ale te precyzyjne wyliczenia zostaną wynagrodzone osiągnięciem lepszego rezultatu dźwiękowego i zaoszczędzeniem czasu podczas intonacji.

PRZYKŁAD POPRAWY PRZEJŚCIA

Steinway Model O (1,80 m): Pierwszą struną stalową po przejściu jest Si. (Kamerton: 442 Hz)

Nuta	Typ	Długość części drgającej mm	średnica mm	Siła naciągu struny N	naprężenie %
H	Typ M	1110mm	1,025mm	491, 1 N	34.07
H	Typ 0	1110mm	1,025mm	491, 1 N	39.94
H	Typ 1	1110mm	1,025mm	491, 1 N	50.87
H	Typ 2	1110mm	1,025mm	491, 1 N	60.56

Nie ma żadnej sposobności zastosowania **typu XM** w przejściu dla strun stalowych.

Przy zastosowaniu **typu M** procent naprężenia jest dużo za niski.

Przy zastosowaniu **typu 0**, siła naciągu struny jest taka sama, ale naprężenie w wysokości 39.94% jeszcze niewystarczające.

Przy zastosowaniu **typu 1**, siła naciągu struny jest taka sama, a naprężenie w wysokości 50.87 % teraz jest wystarczające.

Przy zastosowaniu **typu 2** siła naciągu struny jest taka sama, a naprężenie w wysokości 60.56 % również zadowalające.

Jednak w tym przypadku nie jest wskazane stosowanie typu 2 przy nowoczesnym instrumencie, z powodu charakterystycznej barwy dźwięku typu 2, która w tym przypadku źle współgra z brzmieniem reszty strun.

Przy instrumentach pochodzących z lat po roku 1880 nie jest zalecane zastosowanie typu 2 przy robieniu hybrydowego naciągu.

➔ Wybieramy **typ 1** dla tego chóru.

Praktyczna Wytrzymałość na Zerwanie = Nominalna Wytrzymałość na Zerwanie -25% (-15% für typ 2)

Typ XM			Typ M			Typ 0			Typ 1			Typ 2		
N°	∅	PWZ	N°	∅	PWZ	N°	∅	PWZ	N°	∅	PWZ	N°	∅	PWZ
									9	0,575	373,93	5	0,4	158,00
									9,5	0,6	402,91	5,5	0,425	177,00
			12	0,725	762,28	12	0,725	674,66	10	0,625	432,58	6	0,45	197,00
			12,5	0,75	810,79	12,5	0,75	716,69	10,5	0,65	462,90	6,5	0,475	217,00
13	0,775	1048	13	0,775	862,20	13	0,775	759,60	11	0,675	493,83	7	0,5	238,00
13,5	0,8	1088	13,5	0,8	914,96	13,5	0,8	803,37	11,5	0,7	525,31	8	0,525	261,00
14	0,825	1154	14	0,825	969,23	14	0,825	847,95	12	0,725	557,31	8,5	0,55	283,00
14,5	0,85	1198	14,5	0,85	1020,77	14,5	0,85	893,31	12,5	0,75	589,78	9	0,575	307,00
15	0,875	1354	15	0,875	1077,19	15	0,875	939,41	13	0,775	622,68	9,5	0,6	331,00
15,5	0,9	1384	15,5	0,9	1134,85	15,5	0,9	986,23	13,5	0,8	655,96	10	0,625	356,00
16	0,925	1422	16	0,925	1193,99	16	0,925	1033,71	14	0,825	689,58	10,5	0,65	381,00
16,5	0,95	1514	16,5	0,95	1256,74	16,5	0,95	1081,84	14,5	0,85	723,50	11	0,675	407,00
17	0,975	1582	17	0,975	1315,64	17	0,975	1130,57	15	0,875	757,66	11,5	0,7	433,00
17,5	1	1649	17,5	1	1378,08	17,5	1	1179,86	15,5	0,9	792,03	12	0,725	460,00
18	1,025	1717	18	1,025	1441,66	18	1,025	1229,69	16	0,925	826,57	12,5	0,75	488,00
18,5	1,05	1786	18,5	1,05	1506,67	18,5	1,05	1280,02	16,5	0,95	861,22	13	0,775	516,00
19	1,075	1855	19	1,075	1572,80	19	1,075	1330,81	17	0,975	895,94	13,5	0,8	544,00
19,5	1,1	1924	19,5	1,1	1646,81	19,5	1,1	1382,02	17,5	1	930,70	14	0,825	573,00
20	1,125	1994	20	1,125	1715,06	20	1,125	1433,62	18	1,025	965,44	14,5	0,85	601,00
20,5	1,15	2064	20,5	1,15	1792,13	20,5	1,15	1485,59	18,5	1,05	1000,12	15	0,875	631,00
21	1,175	2135	21	1,175	1854,63	21	1,175	1537,87	19	1,075	1034,69	15,5	0,9	660,00
21,5	1,2	2205	21,5	1,2	1934,39	21,5	1,2	1590,43	19,5	1,1	1069,12	16	0,925	690,00
			22	1,225	2007,43	22	1,225	1643,25	20	1,125	1103,36	16,5	0,95	720,00
			22,5	1,25	2081,46	22,5	1,25	1696,28	20,5	1,15	1137,36	17	0,975	750,00
			23	1,3	2236,37	23	1,3	1818,76	21	1,175	1171,09	17,5	1	780,00
			23,5	1,35	2396,14	23,5	1,35	1944,18	21,5	1,2	1204,49	18	1,025	811,00
			24	1,4	2559,60	24	1,4	2072,39	22	1,225	1237,52	18,5	1,05	841,00
			24,5	1,45	2733,93	24,5	1,45	2203,25	22,5	1,25	1270,14	19	1,075	872,00
			25	1,5	2905,85	25	1,5	2336,61	23	1,3	1353,87	19,5	1,1	902,00
			25,5	1,55	3068,13	25,5	1,55	2472,34	23,5	1,35	1438,55	20	1,125	933,00
			26	1,6	3254,19	26	1,6	2610,29	24	1,4	1523,99	20,5	1,15	963,00
									24,5	1,45	1610,02	21	1,175	994,00
									25	1,5	1696,46	21,5	1,2	1024,00
									25,5	1,55	1783,14	22	1,225	1054,00
									26	1,6	1869,88	22,5	1,25	1084,00
												23	1,3	1158,00
												23,5	1,35	1232,00
												24	1,4	1308,00

Średnia masa objętości :

Typ XM: 7.85 g/cm³

Typ M: 7.85 g/cm³

Typ 0: 7.81 g/cm³

Typ 1: 7.85 g/cm³

Typ 2: 7.82 g/cm³

moduł Younga:E:

Typ XM: 202 Gpa

Typ M: 202 Gpa

Typ 0: 202 Gpa

Typ 1: 202 Gpa

Typ 2: 202 Gpa



STEPHEN PAULELLO