



# LE CORDE MUSICALI

DI

## STEPHEN PAULELLO

Oltre alle qualità meccaniche necessarie (tolleranze, perfezione cilindrica, uniformità di trafilatura, resistenza alla corrosione, resilienza alla flessione-compressione ecc), nella produzione delle corde si mira all'ottenimento di uno spettro sonoro eccellente, del migliore coefficiente di smorzamento interno e del più rapido processo di stabilizzazione. Grazie alla particolare attenzione posta al processo di trafilatura, eseguita a bassa velocità, alla scelta della quantità dei passaggi di trafilatura (diametri), al rapporto di deformazione scelto ed alla qualità della lucidatura, ora possiamo dire che queste corde hanno una ottima apparenza, una eccellente durata del suono (sustain) ed una straordinaria omogeneità di rendimento meccanico.

La qualità e il timbro delle corde musicali hanno già dato luogo a numerosi dibattiti tra musicisti, costruttori e tecnici di pianoforti. Causa la mancanza di scelta, le corde del pianoforte per decenni non hanno più avuto particolari considerazioni nella sfera dei costruttori.

Con la commercializzazione di cinque diversi fili in due diverse versioni, Stephen Paulello riporta l'impulso di una nuova discussione, sottolineando la necessità di poter avere una scelta sia per la produzione che per il restauro dei strumenti "moderni" o dei pianoforti del passato.

Quali sono le caratteristiche di questi diversi tipi di corde ?

### I CINQUE TIPI D'ACCIAIO :

#### Ultra-resistente:

- **TIPO XM** : *Corde ultra resistenti*

Ideale per strumenti attuali intensamente suonati, dei quali le corde dei bassi e acuti sono sovra sollecitate (verificare con il Tipogramma\*).

**Il punto di rottura è superiore allo standard corrente.** Si estende da 2600 a 3000 Newton per mm<sup>2</sup> a seconda del diametro.

LUCIDE O NICHELATE : matasse da 500 gr : da 0,775 mm a 1,050 mm (13 a 18½)  
matasse da 2 kg : da 0,975 mm a 1,200 mm (17 a 21½)

#### Moderno :

- **TIPO M** : *Suono raffinato, acuti brillanti con un'ammirevole ed equilibrato spettro sonoro*

Ideale per strumenti dal **1880 ad oggi** (verificare con il Tipogramma\*).

Il punto di rottura corrisponde alla standard corrente. Si estende da 2200 a 2550 Newton / mm<sup>2</sup> a seconda del diametro.

LUCIDE : matasse da 500 gr i 2 Kg : da 0,725 mm a 1,600 mm (12 a 26)  
NICHELATE : matasse 500 gr : da 0,775 mm a 1,300 mm (13 a 23)  
matasse da 2 kg : da 0,775 mm a 1,600 mm (13 a 26)

\*Il Tipogramma è un foglio di calcolo Excel che può essere liberamente scaricato dal sito web

## Post romantico :

- **TIPO 0** : *Un suono ricco e complesso.*

Destinato agli strumenti post-romantici, o in montaggio ibrido per gli strumenti sotto-sollecitati nel medium. Incordare col Tipo 0 nel medium, associato al Tipo M -eventualmente XM- nell'acuto (verificare con il Tipogramma\*). Il punto di rottura è compreso tra 1700 e 2200 Newton / mm<sup>2</sup> a seconda del diametro.

LUCIDE : matasse da 500 gr i 2 Kg : da 0,725 mm a 1,600 mm (12 a 26)

NICHELATE : matasse 500 gr : da 0,775 mm a 1,175 mm (13 a 21)  
matasse da 2 kg : da 0,975 mm a 1,600 mm (17 a 26)

## Romantico :

- **TIPO 1** : *Suono simile al violoncello*

Destinato agli strumenti romantici, o in montaggio ibrido sugli strumenti moderni sotto-sollecitati al passaggio: incordare col Tipo 1 socio al Tipo 0 ed al tipo M (verificare con il Tipogramma\*). Il punto di rottura è compreso tra 1200-1900 Newton / mm<sup>2</sup> a seconda del diametro.

LUCIDE : matasse da 500 gr: da 0,575 mm a 1,600 mm (9 a 26)

NICHELATE : matasse 500 gr : da 1,000 mm a 1,175 mm (17½ a 21)

- **TIPO 2** : *Il suono appropriato per il pianoforte del periodo romantico*

Destinato ai pianoforti più vecchi: verificare la pertinenza dell'impiego del tipo 2 con l'aiuto del Tipogramma. L'anno di fabbricazione dello strumento non è un criterio di scelta sufficiente. Il punto di rottura è compreso tra 1000 e 1400 Newton / mm<sup>2</sup> a seconda del diametro.

LUCIDE : matasse da 500 gr: da 0,400 mm a 1,400 mm (5 a 24)

## IL RIVESTIMENTO AL NICHEL

La protezione dell'acciaio dalla corrosione è indispensabile. Di conseguenza le corde **tipo XM, M, 0 e 1** sono ora disponibili anche nichelate.

Una corda ossidata è difficile se non impossibile da accordare. Le sue caratteristiche sonore sono alterate. Il suono è aspro e non dura a lungo.

La nichelatura protegge l'acciaio dalla corrosione e prolunga la vita della corda. Inoltre la versione nichelata apporta un ulteriore incremento sonoro.

Questo processo non ha nulla a che fare con la stagnatura talvolta praticata. La tecnologia utilizzata è più complicata, il che spiega perché le corde non erano state ancora immesse nel mercato. Lo strato di nichel apportato (4µ) è molto duro e non smorza le vibrazioni. Grazie all'elettrolisi si lega fortemente con l'acciaio e nel fare gli occhielli lo strato di nichel non si "sfoglia", come pure durante le forzature dovute al montaggio e durante l'accordatura.

\*Il Tipogramma è un foglio di calcolo Excel che può essere liberamente scaricato dal sito web

## COME SCEGLIERE ?

■ **Il marchio, l'anno di costruzione, il nome della località di provenienza dello strumento:** Questi dati sono di interesse documentale ma assolutamente insufficienti per la scelta delle corde.

■ **La massa volumetrica dei metalli : un parametro non determinante.**

Questo dato sembra importante dato che appartiene alla formula di calcolo della trazione di una corda. La massa volumetrica espressa in gr/cm<sup>3</sup> si trova, a seconda del materiale, tra i valori minimi di 7,65 gr /cm<sup>3</sup> per il ferro e i valori massimi di 7.95gr/cm<sup>3</sup> per certi acciai. Considerando che tra questi due estremi troviamo solo un 4% di differenza in trazione, consegue che questo fattore sia trascurabile.

■ **Il modulo di elasticità (o modulo di Young "E"): è un parametro interessante.**

Il modulo di elasticità ha un piccolo effetto nel calcolo della forza di trazione. E' però l'elemento più influente nel calcolo dell'inarmonicità di una corda vibrante. Da molte misurazioni fatte su cordiere di vecchi strumenti in ottimo stato di conservazione si è riscontrato, relativamente le varie epoche, che le proprietà elastiche dei numerosi fili erano molto simili.

➔ ■ **La percentuale di carico (tasso di sollecitazione): Il parametro fondamentale.**

Questo parametro riguarda il suono ed il comportamento meccanico della corda.

**Il suono:** è unanimemente accettato che per vibrare al meglio del proprio potenziale (ossia con il minore smorzamento interno e con il più equilibrato spettro sonoro) una corda deve essere sollecitata, relativamente al settore del pianoforte considerato, **dal 50 % al 75%** rispetto al punto di **carico di rottura pratico (CRP)**. Questo termine verrà spiegato più avanti. Una sotto-sollecitazione (sotto il **45%**), così come una sovra-sollecitazione (oltre **85%**) dà scarsi risultati sonori.

### **Il comportamento meccanico:**

Tre criteri che devono essere compresi:

- **Carico di rottura nominale (CRM):** Questo valore corrisponde alla forza di trazione massima alla quale il filo d'acciaio può essere portato prima che si rompa. Questi risultati sono ottenuti da ricerche di laboratorio, ed a seconda del diametro e del tipo di acciaio vanno da 1000 a 3000 Newton / mm<sup>2</sup>.
- **Carico di rottura pratico (CRP):** il cosiddetto "fenomeno di fatica", le varie piegature e deviazioni, le torsioni, gli occhielli riducono le prestazioni delle corde una volta montate nel pianoforte. Questo rende necessario sottostimare il valore del punto di rottura nominale(CRN) del 15% per il tipo 2 e del 25% per gli altri tipi. Questi valori sono elencati per ciascun tipo e per ogni diametro in una tabella sottostante.
- **Il limite elastico:** Tralasciando l'ultima fase detta punto di rottura, durante la messa in tensione di una corda si evidenziano due fasi :
  - **La fase elastica** durante la quale una sollecitazione moderata provoca un allungamento, che svanisce appena il carico cessa.
  - **Fase plastica**, durante la quale un notevole carico provoca un allungamento, che parzialmente rimane anche quando la trazione cessa. E' una deformazione irreversibile, la corda non tiene più l'accordatura, diventerà molto inarmonica ed alla fine si romperà.

Il confine tra la *fase elastica* e la *fase plastica* non deve essere superato. Questo confine è detto **limite elastico**. E' situato all' incirca all' **85%** dal punto di rottura pratico, secondo il tipo di corda.

**Situazioni di sotto-sollecitazione o di sovra-sollecitazione devono essere evitate. Si dovrebbe cercare di ottenere la sollecitazione ideale proposto dal Tipogramma come di seguito specificato**

## Come ottenere l'ideale carico di utilizzo ?

Misurare le lunghezze cantanti, i diametri e riportare i valori nelle colonne azzurre del **Tiprogramma**.

Il **Tiprogramma** è un foglio di calcolo Excel che può essere liberamente scaricato dal nostro sito web, risparmierete in questo modo noiosi calcoli

Linee guida di massima del programma:

Settore dei bassi:

Percentuali di carico dal 50 al 55% sono l'ideale.

Corde nude

Circa il 50% per le prime corde nude nel passaggio

Circa il 60% per La49 (La4)

Circa il 65% per La61 (La5)

Circa il 70% per La73 (La6)

Circa il 75% per La85 (La7)

Constaterete che la maggior parte degli strumenti, vecchi o moderni, richiedano l'impiego di diversi tipi d'acciaio (= **montaggio ibrido**) per ottimizzare il suono complessivo grazie a un ottimale utilizzo della percentuale di carico.

Queste operazioni sono lunghe in termini di tempo, ma grazie questi precisi calcoli sarete premiati con una qualità del suono migliore e un risparmio di tempo nell'intonazione.

Per alcuni modelli, la cui cordiera è rimasta fin dalla progettazione inalterata, si possono consultare delle istruzioni di incordatura (*scaling instructions*) nel nostro sito web.

### ESEMPIO DEL MIGLIORAMENTO NEL PASSAGGIO:

Steinway modello O (1,80 m): La prima corda d'acciaio dopo il passaggio è **Si27** (corista: 442 Hz)

Nota	Tipo d'acciaio	Lunghezza corda cantante	Diametro acciaio	Trazione in Newton	Percentuale di carico in %
Si 27 (Si 2)	<b>Tipo M</b>	1110mm	1,025mm	491, 1 N	<b>34.07</b>
Si 27 (Si 2)	<b>Tipo 0</b>	1110mm	1,025mm	491, 1 N	<b>39.94</b>
Si 27 (Si 2)	<b>Tipo 1</b>	1110mm	1,025mm	491, 1 N	<b>50.87</b>
Si 27 (Si 2)	<b>Tipo 2</b>	1110mm	1,025mm	491, 1 N	<b>60.56</b>

**Tipo XM** : non vi è motivo per usare questo acciaio per il passaggio

**Tipo M** : viene utilizzato ma la percentuale di carico è molto basso.

**Tipo 0** : la tensione è invariata ma la percentuale di carico non supera il 39,94%, non è ancora sufficiente

**Tipo 1** : la tensione è invariata adesso la percentuale di carico raggiunge il 50,87% ora è adeguata

**Tipo 2** : la tensione è invariata adesso la percentuale di carico raggiunge il 60,56% anche questa soddisfacente

Ma in questo caso e nei strumenti moderni l'utilizzo del **Tipo 2** non è consigliato. Il tipico "colore" sonoro di questa acciaio mal si adatta a quello delle altre corde.

**Per gli strumenti costruiti dopo il 1880 si sconsiglia l'uso del tipo 2 per le cordiere ibride.**

→ In ultima analisi abbiamo scelto il **tipo 1** per questo coro.

Carico di Rottura Pratico = Carico di Rottura Nominale - 25% (o -15% per il Tipo 2)

Tipo XM			Tipo M			Tipo 0			Tipo 1			Tipo 2		
N°	∅	CRP Newton	N°	∅	CRP Newton	N°	∅	CRP Newton	N°	∅	CRP Newton	N°	∅	CRP Newton
									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

Massa volumetrica moyenne :

Tipo XM: 7.85 g/cm<sup>3</sup>  
 Tipo M: 7.85 g/cm<sup>3</sup>  
 Tipo 0: 7.81 g/cm<sup>3</sup>  
 Tipo 1: 7.85 g/cm<sup>3</sup>  
 Tipo 2: 7.82 g/cm<sup>3</sup>

Modulo di Young: E

Tipo XM: 202 Gpa  
 Tipo M: 202 Gpa  
 Tipo 0: 202 Gpa  
 Tipo 1: 202 Gpa  
 Tipo 2: 202 Gpa



STEPHEN PAULELLO

Novembre 2012