

**Akademie múzických umění v Praze**

Hudební a taneční fakulta

Hudební umění

Klavír

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Vývoj, stavba a srovnání moderních klavírů**

**Petr Falkenauer**

**Vedoucí práce: prof. František Malý**

**Přidělovaný akademický titul: BcA.**

**Praha, Duben 2023**

**The Academy of Performing Arts in Prague**

Music and dance faculty

Art of Music

Piano

**BACHELOR'S THESIS**

**Development, construction and comparison of modern  
pianos**

**Petr Falkenauer**

**Thesis supervisor: Prof. František Malý**

**Academic title: BcA.**

**Prague, April 2023**

# Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou/magisterskou/disertační práci s názvem

Vývoj, stavba a srovnání moderních klavírů

vypracoval(a) samostatně pod odborným vedením vedoucího práce a s použitím pouze uvedené literatury a pramenů a že práce nebyla využita v rámci jiného vysokoškolského studia či k získání jiného nebo stejného titulu. Souhlasím s tím, aby práce byla zveřejněna v souladu se zákonem a vnitřními předpisy AMU.

Praha, dne .....

.....

Petr Falkenauer, podpis

## **Abstrakt**

Cílem této práce je historický pohled na vývoj klavíru, stručný souhrn stavby moderních nástrojů a porovnání čtyř vybraných výrobců (Bechstein, Petrof, August Förster, Steinway). Během výzkumu jsem si určil dva cíle - aby tato práce byla určena především pro profesionální hráče na klavír, kteří jsou, stejně jako já, fascinováni tímto nástrojem. Zároveň ale aby text působil co nejsrozumitelněji, i přes značné množství technických pojmů zachovat čtivost a co nejlépe vysvětlit pojmy, se kterými se v běžné literatuře klavírista nesetká. Nicméně, stále se jedná o práci spíše pro nadšence, proto doporučuji pro co nejsnazší pochopení číst v blízkosti klavíru a využívat obrázky v textu pro lepší představivost. Čím déle se o toto téma zajímám, tím více pozoruji, že mezi klavíristy často chybí hlubší porozumění technické problematice nástroje i jeho základní stavby. Věřím, že čím více se hráč seznámí s individualitou nástroje a jeho podstatou, tím lépe a sebevědoměji s ním dokáže pracovat.

## **Abstract**

The aim of this work is a historical view of the development of the piano, a brief summary of the construction of modern instruments and a comparison of four selected manufacturers (Bechstein, Petrof, August Förster, Steinway). During the research, I set two goals - that this work is intended primarily for professional piano players who, like me, are fascinated by this instrument. At the same time, in order for the text to be as understandable as possible, despite the considerable number of technical terms, to maintain readability and to explain as best as possible terms that the pianist will not encounter in ordinary literature. However, this is still a work for enthusiasts, so I recommend reading near the piano for the easiest understanding and using pictures in the text for better imagination. The longer I am interested in this topic, the more I observe that pianists often lack a deeper understanding of the technical issues of the instrument and its basic structure. I believe that the more the player gets to know the individuality of the instrument and its essence, the better and more confidently he can work with it.

# Obsah

Úvod

## 1. Předchůdci

- 1.1 Monochord
- 1.2 Klavichord
- 1.3 První kladívkové klavíry
- 1.4 Klavíry s vídeňskou mechanikou
- 1.5 Klavíry s anglickou mechanikou

## 2. Současná podoba klavírů

- 2.1 Kostra
- 2.2 Količník
- 2.3 Rezonanční deska
- 2.4 Litinový rám
- 2.5 Ostrunění
- 2.6 Mechanismus
- 2.7 Kladívka
- 2.8 Ostatní komponenty

## 3. Srovnání modelů světových značek

- 3.1 Bechstein
- 3.2 Petrof
- 3.3 August Förster
- 3.4 Steinway & Sons

Závěr

Seznam zdrojů

# Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá tématem, kterému není v dnešní době věnována velká pozornost. Jedná se o detailní rozbor klavíru, nikoli však z pohledu interpretace, ale z pohledu technického, konstrukčního. Při psaní této práce pro mě byla hlavní motivací má vlastní touha poznat do každého detailu tento jedinečný hudební nástroj, kterému věnuji podstatnou část svého života. Jsem přesvědčen o tom, že každý interpret musí nejprve pochopit svůj nástroj, aby skrze něj mohl formulovat podstatu studovaného díla.

Práce je rozdělena do tří částí. První část stručně shrnuje historický vývoj. Od starověkého monochordu přes klavichord, první kladívkové klavíry až k rozvoji klavírů s vídeňskou a anglickou mechanikou. Cílem této kapitoly je pochopit podstatu jednotlivých komponentů moderního klavíru, který dosáhl dokonalosti právě díky tomuto dlouholetému procesu vývoje.

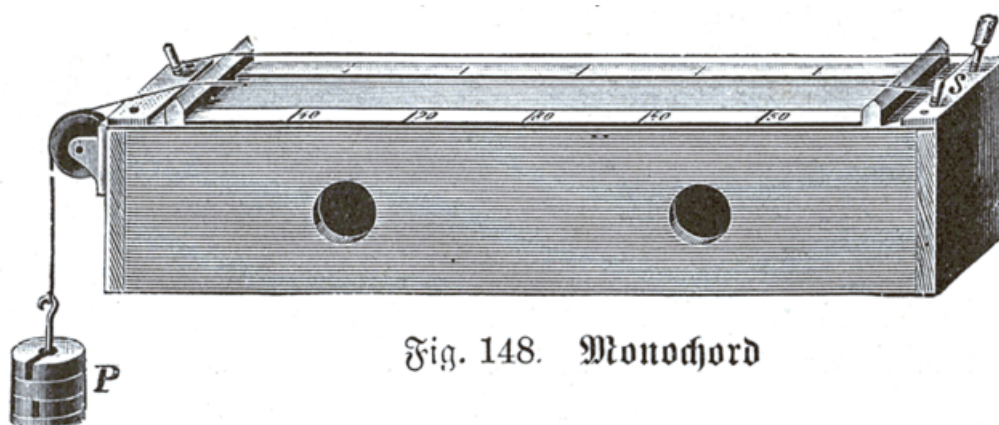
Druhá kapitola detailně popisuje části moderního klavíru, zabývá se jejich materiálovým složením a nastiňuje jejich výrobní procesy. Jako hlavní informační zdroj mi zde posloužila kniha Josefa Pracha, což byl vynikající konstruktér a klavírní technik firmy Petrof. Dále také stáž v dílně firmy PPH Collegium v Hradci Králové, která se zabývá především repasováním a úpravami starých nástrojů.

Ve třetí části porovnávám klavíry největších světových výrobců. Za tímto účelem jsem navštívil jednotlivé továrny a seznámil se s pracovními procesy a podmínkami výroby. Jednalo se o značky Bechstein v Seifhennersdorfu, Petrof v Hradci Králové, August Förster v Löbau a Steinway & Sons v Hamburku.

# 1. Předchůdci

## 1.1 Monochord

Za prvního prapředchůdce klavíru lze považovat už starořecký monochord. Jedná se totiž o jeden z prvních hudebních nástrojů fungujících na principu rozkmitání struny na určitou frekvenci. Je složen z rezonanční desky, nad níž je napnutá struna, pod kterou je pohyblivá kobylka. Posouváním kobylky prodlužujeme nebo zkracujeme délku vibrující části struny, čímž určujeme výšku vydávaného tónu. Právě na monochordu vypracoval Pythagoras teorii intervalů a diatonického Pythagorejského ladění. Z této teorie vycházela klasická harmonie, která byla základem pro vývoj evropské hudby a platí dodnes.<sup>1</sup>



Obr. 1<sup>2</sup> – Monochord

## 1.2 Klavichord

Ve 14. stol. se setkáváme klavichordem ovládaným klaviaturou převzatou z varhan. Zde se struny rozechvívají úderem mosazných jazýčků. Klavichord byl hojně využíván jak při výuce hry, tak při komponování<sup>3</sup>, a to až do 18. století, kdy byl vytlačen kladívkovým klavírem.

<sup>1</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/Monochord>

<sup>2</sup> <https://en.wikipedia.org>

<sup>3</sup> <https://cs.wikipedia.org>



Obr. 2<sup>4</sup> - Klavichord

V následujících stoletích dochází k pomalému vývoji. Teprve ve 2. polovině 15. st. se začínají objevovat nástroje s primitivním klaviaturním mechanismem. Vyskytla se také potřeba řešit tvar klavírní skříně z hlediska funkčního i estetického. Postupně se však začalo měnit i vnitřní vybavení nástroje, upouštělo se od střevoých strun a nahrazovaly se strunami nejprve mosaznými, později ocelovými. Dalšími novými variantami klavichordů byly např. klavicimbát či klavicembalo nebo spinet<sup>5</sup>. Kolem roku 1600 opatřil antverpský nástrojař Hans Ruckers klavicembalo dvojitými střevoými a kovovými strunami. Vývoj tohoto nástroje však už dále nepokračoval.

### 1.3 První kladívkové klavíry

Následovalo období, ve kterém se zdokonaloval tvar hudební skříně v souladu s tehdy panující slohovou architekturou interiérů. Zároveň i vlivem jiné stavby nástroje (zaváděním kolmo postavených klavírů tvaru pyramidového, lyrového, žirafového aj.) Později se vyráběly i různé okrajové typy odlišných tvarů i zvuků. Základním prvkem pohybu se však už tehdy stalo mechanické kladívko. Vyvinulo se pravděpodobně z popudu vynikajícího virtuosa Pantaleona Habestreitta, který poprvé použil mechanického kladívka ke zdokonalení a zrychlení hry na klavicembalo. O tuto zásluhu se však později přihlašovalo více autorů z různých zemí. Jedním byl například roku 1716 francouzský nástrojař Jean Marius, jenž předvedl Královské akademii v Paříži tři modely svých klavírů, které se však tehdy ještě

---

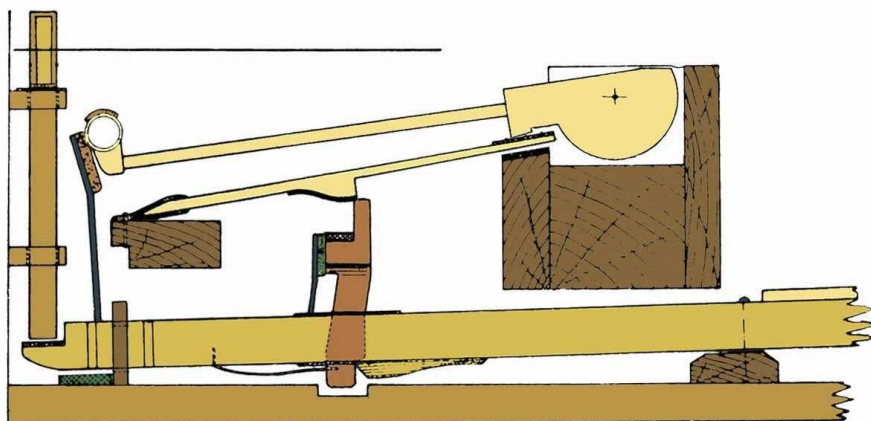
<sup>4</sup> [www.metmuseum.org](http://www.metmuseum.org)

<sup>5</sup> Sýkora, Jan Václav: Dějiny klavírního umění od nejstarší doby až po současnost. Panton Praha 1973, s. 20-32



netěšily žádné mimořádné pozornosti odborníků. O rok později se o prvenství hlásil Němec Christof Gottlieb Schrötter z Nordhausenu, který tvrdil, že vynalezl kladívkový klavír už v roce 1717, třebaže dva takové nástroje předvedl drážďanskému královskému dvoru až v roce 1721.<sup>6</sup>

Skutečný převrat ve vývoji stavby klavíru přinesl vynález kladívkové mechaniky s vylepšeným kladívkem potaženým kůží asi v roce 1709 v dílně Bartolomea Cristoforiho (1655 -1731) ve Florencii.<sup>7</sup> Podle dochovaných nástrojů lze soudit, že Cristofori sestrojil první skutečný klavír již roku 1709. Použil kladívka potažená jelení koží postavená na zvláštní liště. Celý pozdější vývoj nástrojů se pak skutečně k prvotnímu systému Cristoforiho vždy znovu vracel. Nově vzniklé mechanické zařízení umožňovalo měnit dynamiku, zvýrazňovat tóny v rozsahu od nejtíšího pianissima, piana přes mezzoforte, forte až do fortissima a zároveň hru zrychlovat.<sup>8</sup> Odtud pravděpodobně vznikl dobový název - *fortepiano*.



Obr. 3<sup>9</sup> - Mechanika Cristoforiho klavíru

Je třeba také zmínit, že před vznikem klavíru existovalo takzvané přirozené ladění strun: v harmonických stupnicích byly používány celistvé násobky půltónů chromatických stupnic. V jednotlivých akordech durových i mollových se rovněž měnily násobky nebo zlomky půltónových stupnic. Tato různá přirozená ladění byla libozvučná při vnímání polyfonní hudby. S vynálezem klavíru však vznikl zároveň problém sestavení klaviatury a celého mechanického zařízení tak, aby bylo možno hrát přirozené stupnice v různých

<sup>6</sup> Valášková Z., Macháček F., Zrůbek R.: Klavír a lidé, Kruh Hradec Králové 1984, s. 3-8

<sup>7</sup> Holzknacht – Poše - Nedbal: Kniha o hudbě, Orbis Praha 1962, s.213-215, 275-276, 298 a 301  
Neuman, Emil: Illustrierte Musikgeschichte, Deutsche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, s. 224, 365  
Hutter, Josef: Hudební nástroje, B. Novák Praha 1945, s. 126-128

<sup>8</sup> Valášková Z., Macháček F., Zrůbek R.: Klavír a lidé, Kruh Hradec Králové 1984, s. 3-8

<sup>9</sup> [https://i.ytimg.com/vi/uZjcV3\\_0PqQ/maxresdefault.jpg](https://i.ytimg.com/vi/uZjcV3_0PqQ/maxresdefault.jpg)

akordech a akordových dominantách. V době Cristoforiho i jeho drážďanského předchůdce Ch. G. Schröttera byl problém vyřešen použitím tehdy zaváděného rovnoměrně rozloženého temperovaného ladění. Spočívá v tom, že každá oktáva hudebního rozsahu je rozdělena na dvanáct stejně od sebe vzdálených púltónů a púltóny v temperované oktávě neodpovídají celistvým násobkům nebo zlomkům púltónové chromatické stupnice. Temperované ladění bylo odvozeno matematicky tak, že jeden púltón je dvanáctá odmocnina ze dvou (oktáva odpovídá dvojnásobné frekvenci) a necelistvý násobek se zde rovná púltónovému poměru 1,09546. Temperované ladění je tedy vlastně vynuceno vznikem klavíru proto, že s použitím jedné klaviatury jde hrát libovolně jak durové, tak mollové stupnice a celé skladby. Přestože temperované ladění je možná méně libozvučné, pochopil již tehdy Johann Sebastian Bach nevyhnutelnost jeho zavedení a stal se propagátorem tohoto způsobu ladění. Ve svých skladbách však i nadále často používal ladění přirozeného, neboť se mu jevilo bližší lidskému vnímání tónů. Přirozené ladění se ostatně užívá dodnes, zvláště při přednesu sólových nebo starých hudebních děl.

Nástroje odvozené od klavíru a stavěné do výšky- tzv. pianina (od počátku 19.století) mají struny nataženy vertikálně, zatímco klavíry horizontálně. Velikostně největší jsou klavíry koncertní, střední se jmenují salónní a, pro zajímavost, nejmenším nástrojem dosud je pravděpodobně takzvané Mignonflügel s trojitým zkřížením strun (125 cm dlouhé).

Za prvního většího výrobce klavírů musíme považovat až freiburského nástrojaře Gottfrieda Silbermanna (1683-1753). Jeho žák Johann Andreas Stein (1728-1792) v Augsburgu vyvinul mimořádně kvalitní nástroj, jímž si získal přízeň i W. A. Mozarta. Vyvinul klavír s takzvanou vídeňskou mechanikou. Tento systém se pro svou jednoduchost a trvanlivost potom nejvíce rozšířil. Johann Andreas Stein nenasadil kladívka na zvláštní lištu, ale přímo na konec klávesové páky, tím se v podstatě vrátil ke klávesám a mechanikám klavichordu nebo klavicembala. Když potom jeho zeď Andreas Streicher (1761-1833) tuto mechaniku vylepšil a rozšířil, jmenovitě na nástrojích vídeňských dílen (Brodman, Jakesch, Müller, Schiele, Schantz aj.), ujal se teprve definitivně pojem „mechanika vídeňská“ pro klavíry tlukoucí na struny zespodu.

Největšímu zájmu se klavír těšil v Anglii, kde jej po roce 1770 začal zavádět a rozšiřovat Americus Backers a po jeho smrti proslulý Silbermannův žák John Broadwood (1732-1812), který roku 1780 sestrojil podle dovážených a jinde vyráběných nástrojů vlastní systém s takzvanou anglickou mechanikou<sup>10</sup> (s údery kladívek shora). Zatím také anglický nástrojař Robert Wornum (1780-1852) roku 1826 dokonstruoval už podobu dnešního klavíru a Henry Steinway dal 1855 definitivní tvar rámu křížového klavíru. Tak byla dovršena první vývojová etapa klavíru.

---

<sup>10</sup> Hutter, Josef: Hudební nástroje, B. Novák, Praha 1945, s.126

Po období řemeslném a umělecko-řemeslném se začala od 19. století klavírnická výroba po celém světě zprůmyslnovat. První a nejnámější stavitelé klavírů vyšli především z německých zemí a z Anglie. Zakládali pak továrny nejen doma, ale i v cizině. Například Pleyel a Erard v Paříži, Tschudi ve Švýcarsku, Becker v ruském Petrohradě, Steinway v New Yorku a jinde. V Německu se těšila největší oblibě berlínská firma Bechstein, ale také firmy Schmiedmeyer ze Stuttgartu, Ibach z Barmen-Ebersdorfu a Kaps z Drážďan. Mezi vídeňskými staviteli vynikli Ignatz Bösendorfer a Franz Ehrbar.

19. století diferencovalo národní hudební kultury, což bylo hlavně ovlivněno vývojem politickým. Malé salónky šlechty byly vystřídány koncertními sály. Nadešla doba cestujících virtuosů, jejichž pouhá jména se stala legendami - Ferenc Liszt, Frederic Chopin a další. Na výstavě r. 1823 v Paříži předváděl nástrojař Sebastian Erard zcela novou věc - „dvojitou mechaniku repetiční“, která se oprávněně stala přímo senzací hudebního světa. *„Její idea konstrukčně spočívá v tom, že mezi polohu kladívka v klidu a polohy při úderu do struny byla vsunuta mezipoloha. Kladívko po úderu neklesne hned zpět až do klidové polohy, nýbrž dokud je klávesa stisknuta, je zachyceno jen několik milimetrů pod strunou, takže je připraveno k novému rychlému úderu. Teprve po uvolnění se klávesy vrátí do normální polohy klidové. Tato mechanika bývá někdy nazývána mechanikou francouzskou a je obecně přijatou mechanikou u všech nových nástrojů. Tím je vlastně vývoj kladívkového klavíru ukončen a všechno ostatní jsou pouze přídavky k typu, který se dále již nemění a který za každou změnu podstatnějšího dosahu platí tím, že přestává být právě klavírním nástrojem.“*<sup>11</sup> Také první čeští nástrojaři se přičinili o další vylepšení vídeňské mechaniky. K výrobcům empirických klavírů, vzpřímených tvarů a jiných modelů, patřili v Praze Jakub Weimes, Leopold Sauer, Michael Weiss, Jan Zelinka, Kalb, Rott, v Jindřichově Hradci Martin Kratochvíl a další.

V čase, který následoval, se stavební konstrukce klavíru už jenom dále zdokonalovaly. Prudký rozvoj průmyslu začal urychlovat i zpřesňovat výrobní techniky všech hudebních nástrojů, nevyjímaje ani klavír, a obchod s nimi začal překračovat hranice států. Klavír pronikl také do Ameriky, kde se jeho výroba rychle rozšířila.<sup>12</sup>

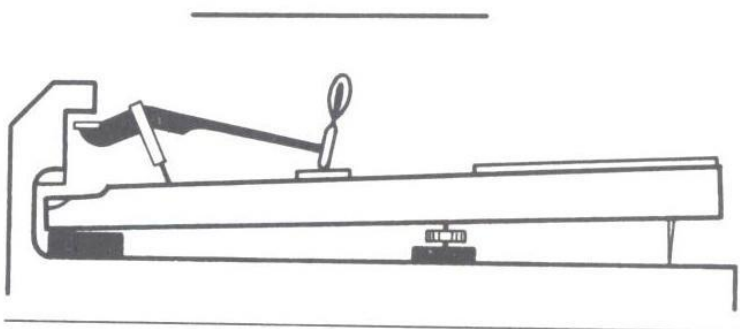
Pokud se vrátíme zpět k počátkům výroby, postupný vývoj stavby nástroje vedl k rozdělení mechanik na dva základní typy. Jedna skupina byla označována jako vymršťovací mechanika, druhá jako nárazová mechanika. Z mechaniky vymršťovací vznikla mechanika vídeňská, z nárazové vznikla mechanika anglická (někdy nazývaná také francouzská, v této práci se však bude dále vyskytovat jen pod názvem anglická)

<sup>11</sup> Hutter, Josef: Hudební nástroje, s. 127

<sup>12</sup> Hoffmeister, Karel: Klavír. Hudební matice, Praha 1939, s. 9  
Modr, Antonín: Hudební nástroje, Supraphon, Praha 1977, s. 204-205  
Bonhard, Vladimír- Prach, Josef: Piana a pianina, SNTL, Praha 1958, s. 201

## 1.4 Klavíry s vídeňskou mechanikou

Klavíry s touto mechanikou se vyvinuly postupným zdokonalováním původní mechaniky vymršťovací.



Obr. 4<sup>13</sup> – Mechanika vymršťovací

Zde je osa kladívkové násadky upevněna v mosazné vidlici, která je pevně zasazena do koncové části klávesy. Při stlačení přední části klávesy směrem dolů vystoupí zadní část nahoru a zdvihá i mosaznou vidlici včetně násadky a kladívka. Prodloužený konec násadky ve tvaru zobáčku (na obr. Levý konec násadky) je opatřen tuhou jelení kůží, která se při stoupání zadního konce násadky opře o pevnou spodní plochu základní lišty mechaniky. Opačný konec násadky s nasazeným kladívkem vykonává otáčivý pohyb kolem osy a stoupá ke strunám. V poslední fázi přiblížení ke strunám se kožené obložení zobáčku násadky vysune a smekne po hraně tvarované lišty, a tím umožní pružný úder kladívka na struny a jeho vrácení do původní polohy.<sup>14</sup>

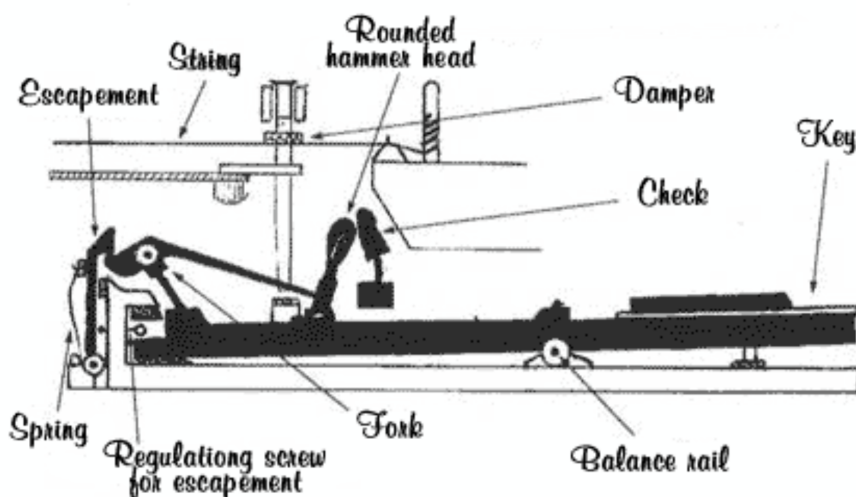
Právě na tomto principu kladívkové násadky, která je usazená ve vidlici, pevně usazené na konci klávesy, vzniká mechanika vídeňská. Dochází k zdokonalování, zprecizňování mechanismu a přidávání dalších regulovatelných částí, aby nástroj reagoval na hru co nejcitlivěji. Jak je vidět na následujícím obrázku typické vídeňské mechaniky, zadní část klávesy je opatřena již regulovatelnou mosaznou vidlicí (Fork) – viz. Obr. č. 5. Násadka kladívka je spojena s vidlicí pomocí ocelové osičky, která se v lůžku vidlice může citlivě otáčet. Prodloužený konec násadky tvaru zobáčku je obložen tuhou jelení kůží. Horní osa okoženého zobáčku se při stlačení kláves hráčem opře o spodní plochu vypouštěče (Escapement) a nutí kladívko, (Rounded hammer head) upevněné na opačném konci

<sup>13</sup> Prach, Josef: Stavba klavírů a pianin a její problematika, SPN Praha, 1987, s. 16

<sup>14</sup> Prach, Josef: Stavba klavírů a pianin a její problematika, SPN Praha, 1987, s. 16

násadky, stoupat ke strunám (String). Vypouštěč je vlivem pružinky (Spring) stále přitlačován směrem k ložisku násadky.

Figure 3 Viennese or German Action



Obr. 5<sup>15</sup> – Mechanika vídeňská

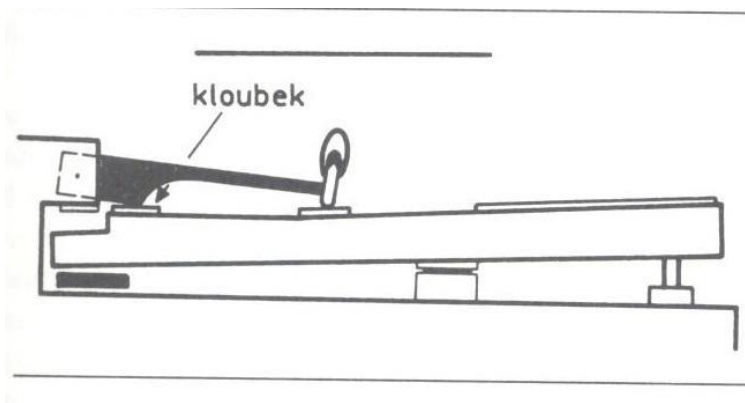
Regulovatelnou zarážkou nebo vrutem (Regulation screw for escapement) je vymezena poloha vypouštěče tak, aby při vystoupení kladívka ke strunám na vzdálenost 2 mm nastalo vychýlení vypouštěče směrem od osičky kladívka dozadu. Tím dojde k vysmeknutí okoženého zobáčku násadky a odpadnutí kladívka od strun. Kladívko je chytačem (Check) zachyceno ve vzdálenosti 25 mm od strun. Zachycením kladívka chytačem vznikne mezi koncem okoženého zobáčku násadky a spodní plochou vypouštěče výhodná poloha pro opakování úderu kladívka, tj. pro nutné a rychlé zasunutí okoženého zobáčku násadky pod vypouštěč. Při stoupání zadní části klávesy zvedne zdvihač dusítko (Damper), spočívající na strunách. Vídeňská mechanika byla pro svůj poměrně lehký a pružný úder kladívek na struny i způsob hry nejzpůsobilejším vyjadřovacím prostředkem klavírních skladeb Haydnových, Mozartových, Dusíkových, Hummelových i Weberových a vůbec pro klavírní školu Czerného.<sup>16</sup>

<sup>15</sup> <http://www.pianoworld.com/forum/gallery/42/full/3965.png>

<sup>16</sup> Prach, Josef: Stavba klavírů a pianin a její problematika, SPN Praha, 1987, s. 17- 18

## 1.5 Klavíry s anglickou mechanikou

Klavíry s touto mechanikou se vyvinuly postupným zdokonalováním původní mechaniky nárazové.

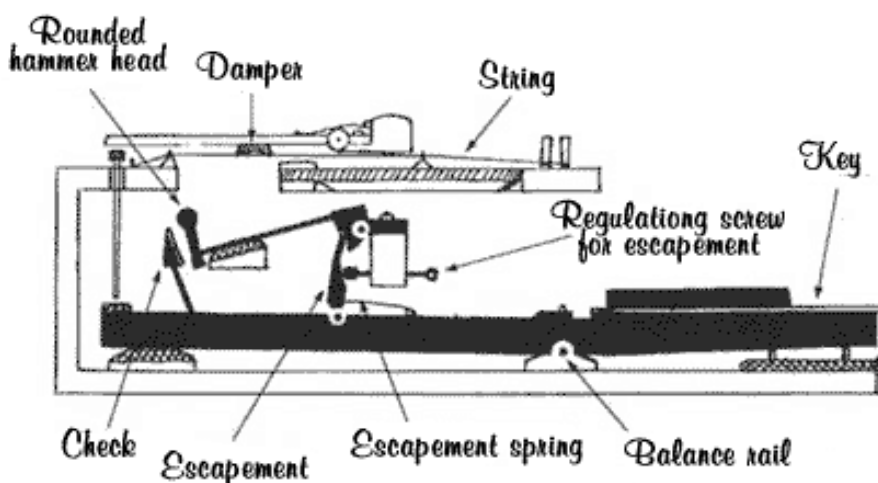


Obr.6<sup>17</sup> – Mechanika nárazová

V tomto případě je osa kladívkové násadky uložena v kladívkové liště a klávesa svým zadním okrajem, obloženým kouskem jelení kůže, podebere při stoupaní výstupek násadky kladívka a vyzdvihne kladívko ke strunám. V okamžiku, kdy se kladívko již přiblížilo ke strunám, vzepře se konec klávesy na pevném oplstěném polštářku kladívkové lišty a kladívko dokončí úder na struny setrvačností.

Také tato mechanika byla ve své stavbě propracována a zdokonalena. Byli to především angličtí stavitelé Bachers a Stodart, kteří v 70. letech 18. st. vytvořili její určitý a na tehdejší dobu vyhovující systém. Proto byla jejich mechanika nazvána anglická. Řešení této mechaniky má přímý vztah k zlepšené mechanice Cristoforiho. V obou případech se použil nárazový jazyk (Escapement), který při stisknutí klávesy stoupal vzhůru a opřel se svým temenem o hlavový kloubek násadky doplněné na svém konci kladívkem (Rounded hammer head). Násadka je spojena osičkou s vidlicí dřevěné spojky a vykonává otáčivý pohyb vzhůru ke strunám (String).

<sup>17</sup> Prach, Josef: Stavba klavírů a pianina a její problematika, SPN Praha, 1987, s. 16



Obr. 7<sup>18</sup> – Mechanika anglická 70. léta 18.st.

Jakmile se kladívko přiblíží ke strunám na vzdálenost 2 mm, postaví se nárazovému jazyku do cesty regulovatelná zarážka (Regulation screw for escapement), která při pokračujícím pohybu mechaniky jazyk vykloní a uvolní z hlavového kloubku násadky. Kladívko na konci násadky pak dokončí úder na struny svojí setrvačností. Úder kladívka na struny je pak pružný a silově odstupňovatelný. Při jemném stlačení klávesy uhodí kladívko na struny slabě. Po přerušeném tlaku na klávesy obstará pružinka (Escapement spring) zasazená do jazyku jeho vrácení do původní polohy. Mechanika je doplněna chytačem (Check), který zachytí kladívko po úderu na struny ve vzdálenosti 18 mm od struny a v takové poloze vzniknou pro jazyk vhodné podmínky k dalšímu opakování úderu kladívka na struny. Po stisknutí klávesy obstará její koncová část zdvihnutí dusítka (Damper). Tato starší anglická mechanika se vyznačovala odolnějšími a trvanlivějšími dílky, vynikala pružnějším chodem a umožňovala silnější úder. Hra na nástroj mohla být dynamičtější, výrazově bohatší a zvukově lépe využívala mohutnějšího strunového potahu i většího prostoru rezonanční desky, jimiž byly klavíry vybaveny. Tyto klavíry vyhovovaly Clementimu a jeho škole, směřující ke hře plně složitých hmatů a orchestrálnímu zvuku. Možnost výrazově bohaté interpretace vyhovovala také požadavkům L. v. Beethovena, který na tomto nástroji komponoval své pozdní klavírní sonáty.<sup>19</sup>

<sup>18</sup>[https://www.researchgate.net/profile/Garyfallia\\_Katsimiga/publication/315875145/figure/fig4/AS:481756345311235@1491871071765/English-action-c-1771-5.png](https://www.researchgate.net/profile/Garyfallia_Katsimiga/publication/315875145/figure/fig4/AS:481756345311235@1491871071765/English-action-c-1771-5.png)

<sup>19</sup> Prach, Josef: Stavba klavírů a pianin a její problematika, SPN Praha, 1987, s. 19

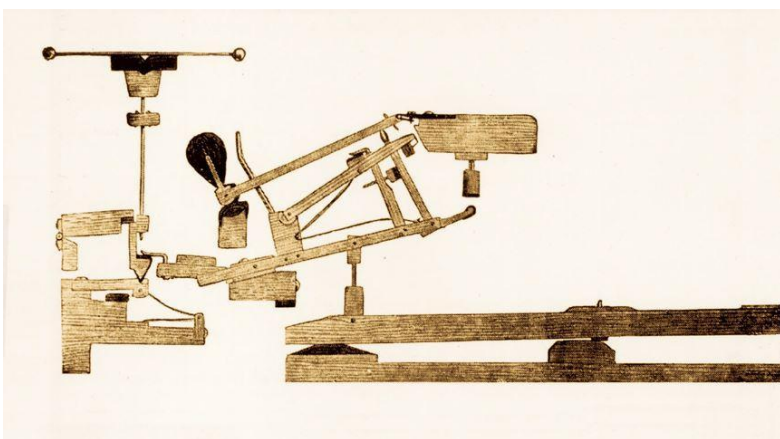
Dostáváme se do období, kdy se uplatňovaly dva vyhraněné typy klavíru. V Anglii to byly většinou klavíry s mechanikou anglickou a ve střední Evropě to byly klavíry s mechanikou vídeňskou. Významný rozdíl spočíval v poloze násadky kladívka a umístění kladívka na ní. To ovlivňovalo celé vnitřní uspořádání, tvar, velikost a řešení ozvučné desky. Jak je vidět na obrázcích 5 a 7, u mechaniky anglické směřuje násadka s oplstěným kladívkem směrem od pianisty do vnitřku nástroje. U mechaniky vídeňské směřuje násadka s kladívkem k pianistovi. Vídeňská mechanika provázela kladívkové piano na vývojové cestě od jeho raných počátků. Její předností byla její jednoduchost, trvanlivost regulace i funkce, a to i ve vlhkém prostředí. Nevýhodou bylo potahování kladívek jelení kůží. Po delší době používání došlo k jejímu opotřebení, což vedlo k prudkému zhoršení kvality zvuku nástroje. Mechanismus byl poněkud těžkopádný, hráč byl nucen nechat klávesy vystoupit zpět nahoru až do původní polohy, aby mohl opakovat úhoz. Vídeňská mechanika dosáhla jisté popularity, kterou si udržela až do roku 1930. V této době končí období němých filmů doprovázených malými orchestry, umístěných v suterénech sálů, kde klavíry trpěly zpravidla vlhkem. Ani v takovém prostředí mechanika neselhávala. Také učitelům hudby a hudebním institucím sloužily tyto klavíry bez závad po celá léta. Po zrušení výroby klavírů s vídeňskou mechanikou byly všechny požadavky přeneseny na výrobu klavírů s anglickou mechanikou.

Ještě před rokem 1800 nepoužívali výrobci v klavírech kovové konstrukce. Tyto nástroje byly převážně vybaveny dvoustrunnými svazky - chory. Struny byly připnuty na dřevěné závěsy, které byly pevně spojeny s mohutnou dřevěnou kostrou. Struktura dřeva však trpěla přílišnou námahou a během let docházelo k deformaci. Také kolíčníky podléhaly zkáze, docházelo k prohýbání, kroucení a často i k roztržení. Bylo nutné zlepšit uspořádání klavíru tak, aby byla síla tahu strun vzepřena přímo ve směru tahu a ne jen dřevěnou kostrou, umístěnou pod rezonanční deskou, tedy poměrně vzdálenou od působící síly. Docházelo k obkládání dřevěných strunových závěsů plechovými komponenty. Do prostoru nad strunami byly mezi plechy a ocelové podložky vmontovány ocelové vzpěry. Díky tomu zůstaly struny déle naladěné a mohlo se začít používat i strun tlustších. Do poloviny 19. století se klavíry vyráběly s rovnostrunným uspořádáním strunového potahu. Kobylka basových strun tak musela být umístěna na kraji rezonanční desky, jejíž vlákna tehdy směřovala rovnoběžně se strunami. Struny nejnižších poloh tak neměly dostatečný kontakt s rezonanční deskou a jejich tón byl bezbarvý, tvrdý, málo nosný a nevyrovnaný. Tento nedostatek vedl k uspořádání strun na principu „křížostrunné soustavy“. Struny přechodové a střední tónové polohy byly rozloženy více do levého koutu rezonanční desky a basová kobylka byla umístěna za hlavní kobylkou do pravého prostoru zbylé části rezonanční desky. Aby se struny nedotýkaly, byla basová kobylka zvednuta tak, aby se basové struny klenuly nad strunami hladkými. Změnila se také poloha vláken rezonanční desky, vlákna směřovala šikmo, přibližně ve tvaru kobylky (při pohledu od hráče doleva). Tím



se stala deska pružnější a lépe rezonovala právě v basové poloze. Dalšímu vývoji už přestaly vyhovovat montované železné konstrukce. Strunový potah se zesiloval a síla tahu se nápadně zvyšovala. Proto bylo období montovaných železných rámu v polovině 19. století vystřídáno obdobím rámu litinových. Strunové závěsy už zde byly dostatečně mohutné, profilované a kolíčník už byl také zpevněn profilováním.

V počátečním období stavitelství pian, kdy byla výroba ještě málo rozvinutá, si vyráběli jednotliví výrobci mechaniky sami. Během 19. století docházelo postupně k specializaci a vznikly továrny, které byly zaměřené jen na výrobu klavírových a později i pianinových mechanik. To vedlo ke zlepšení výrobní technologie, používání speciálních výrobních zařízení, odborně školeným pracovníkům a celkové organizaci, která umožňovala přesnou průmyslovou výrobu. Dokonalejší výroba všech částí klavíru a zlepšované vlastnosti celého úderového mechanismu stále více obohacovaly dynamické možnosti hry na nástroj. Do vývoje klavírních mechanik významně zasáhl Sebastian Érard, výrobce harf a klavírů v Paříži. Ten vybavil Anglickou mechaniku zařízením, umožňujícím rychlé a citlivé repetování kladívek.<sup>20</sup>



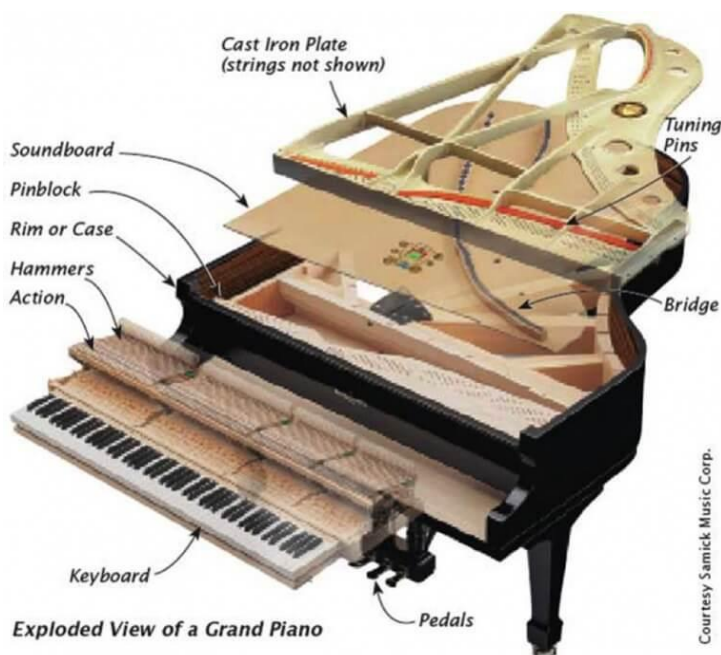
Obr. 8<sup>21</sup> – Érardova klavírová mechanika s dusítkem umístěným pod strunami, r. 1840

Repetiční mechaniku Érardovu zjednodušil v r. 1840 francouzský klavírní virtuoz Henri Herz, aniž by tím nějak poškodil její preciznost nebo výkonnost. Tím vznikla tzv. Herz- Érardova mechanika dvojrepetiční, která zůstává ve svých základních principech nezměněna až dodnes. To potvrzuje genialitu řešení, které dalece předstihlo svou dobu.

<sup>20</sup> Prach, Josef: Stavba klavírů a pianin a její problematika, SPN Praha, 1987, s. 20-22

<sup>21</sup>[https://www.pianos.de/UserFiles/Image/das\\_instrument/geschichte/19\\_jahrhundert/1808\\_erardmechanik.jpg](https://www.pianos.de/UserFiles/Image/das_instrument/geschichte/19_jahrhundert/1808_erardmechanik.jpg)

## 2. Současná podoba klavírů



Obr. 9<sup>22</sup>

### 2.1 Kostra

Základní stavební částí klavíru je dřevěná kostra (na obrázku č.9 Rim or Case). Před zavedením litinových konstrukcí měla dřevěná kostra pro jejich stavbu daleko větší význam. Byla nejen základní částí, ale i nosnou konstrukcí, vzpírající převážnou část síly tahu strun. Za posledních sto let se změnilo poslání koster, ale zůstávají nadále základními stavebními dílci klavírů a pianin a nesou na sobě ostatní části - rezonanční desku, litinový rám a skříňové dílce včetně mechaniky a klávesnice.

Z hlediska fyzikálně akustického má kostra podstatný vliv na stabilitu nástrojů, na jejich životnost, dobré držení ladění a po tónové stránce je důležitým dílcem rezonátoru. Postupem doby se proporce jednotlivých dílců koster měnily a zeslabovaly, často až příliš. Nechyběly ani snahy vyloučit kostru ze stavebního procesu vůbec. V mnoha případech se v konstrukcích koster udržovaly zbytečně dlouho tradiční prvky, které se vyznačovaly mohutnými tloušťkami sloupků i navazujících dílců (boční stěny, horní víka). Spotřeba dřeva proto byla často značná a výrobní náklady vysoké. Jak byly litinové rámy úměrně slabší, byly do jisté míry vzájemné poměry vyrovnány. Důležité je řešení kostry, dřevěného kolíčníku,

<sup>22</sup> <https://www.europeanosnaples.com/wp-content/uploads/2018/03/Piano-Parts.jpeg>

rezonanční desky a skříňových dílců v těsném spojení s litinovým rámem. Při správném řešení a splnění podmínek může být výsledkem dobrý nástroj s kvalitním zvukem. Nejvíc záleží na konstruktérovi, aby dovedl při zhotovování prototypů dobře rozhodovat o spotřebě dřeva, které se stalo vzácnou i drahou surovinou, a aby přitom prosadil v konstrukčním řešení ty nutné a cenné prvky, které pomáhají docílit nejlepších tónových vlastností klavírů. Jde o maximální využití sil vytvořených při úderu oplstěných kladívek na struny a převedených na rezonanční desku i litinový rám a o neustálé vracení pohybů dřevěnou kostrou tak, aby kmitavý proces probíhal v celém ozvučnicku co nejúčinněji a co nejdéle. Složitý proces kmitání ve všech částech ozvučnicku klavíru se nejlépe projeví po sešlápnutí pravého pedálu během hry. Nejlepší a zvukově nejlepší nástroje se vyznačují bez výjimky celkovou stabilní stavbou, zpravidla větší hmotností a velmi účelným řešením.<sup>23</sup> Kostru tvoří vnitřní rám, vnější rám, kolíčník, podpěry a skříň. (Viz. obr. č.10: vnitřní rám opatřený vzpěrami a skříň je obkládán vnějším rámem)



Obr. 10<sup>24</sup>

## 2.2 Kolíčník

Kolíčník (na obr. č.9 Pinblock) je dílec kostry, který umožňuje těsné spojení kostry se spodními plochami litinového rámu. Je sestaven ze základního tlustšího dílce s podélnými vlákny převázaného na horní ploše tloušťkami (kolmo k sobě nalepené tlusté vrstvy dřeva) nepařeného zdravého buku nebo javoru. Je důležité, aby se materiál určený k výrobě tloušťek správným způsobem skladoval, sušil a dosušel tak, aby později při umístění klavíru ve vytápěných prostorách nedocházelo k dodatečnému sesychání dřeva, a tím i k uvolňování ladících kolíků. Kolíčník má po mnoho let spolehlivě sloužit pevnému uložení

<sup>23</sup> Prach, Josef: Stavba klavírů a pianin a její problematika, SPN Praha, 1987, s. 48

<sup>24</sup> <https://koganeishop.miyajimusic.jp/piano/assets/images/bosendorfer/making-photo03.jpg>

ladících kolíků, proto je důležité nejen důsledné vybírání a zpracování materiálu, ale i správné sestavení a slepení jednotlivých vrstev tlouštěnek.<sup>25</sup>

## 2.3 Rezonanční deska

K výrobě strunných hudebních nástrojů se již od pradávna používal smrk. Během doby byly vlastnosti smrku zkoumány a plně využívány. Zjistilo se, že na rezonanční desky (na obr. č.9 Soundboard) se nejlépe hodí smrk rostlý ve vysokých nadmořských výškách a za určitých přírodních podmínek. V takových místech došlo k jeho intenzivní těžbě a jeho zásoby byly značně vyčerpány. Pravý rezonanční smrk se stává vzácností a k výrobě se používá i méně jakostní smrkové dřevo. Dobré zpracování rezonančního smrku pro hudební nástroje spočívá v jeho jednoduché struktuře, jemných, tenkých a stejnoměrně rozložených dřevných paprscích. Dlouhá vlákna v přímém směru umožňují jednoduchou štípatelnost a rovnoměrné přenášení zvukového vlnění. Staří italští houslaři byli schopni na základě dlouholetých zkušeností posuzovat kvalitu dřeva citlivě vypěstovaným hmatem, zrakem a sluchem.

Nároky kladené na ozvučné dřevo jsou vysoké. První z požadavků je úplná čistota kmene, protože i menší suky přerušují čistou strukturu dřeva a překáží v čistotě přenosu zvuku. Dále nesmí mít dřevo příliš pryskyřice a éterických olejů (pryskyřice a vosky negativně ovlivňují průběh lepení dřeva tím, že ztěžují smáčení povrchu dřeva a tak zhoršují kvalitu lepených spojů)<sup>26</sup>. Musí být dobře štípatelné. Letokruhy musí být stejnoměrné. Zde však nerozhoduje jemnost letokruhů, ale správný poměr jarního a podzimního přírůstku v jednom letokruhu. Dřevo musí být pevné, pružné a lehké, aby vydrželo soustavný nápor. Všechny tyto aspekty jsou ovlivňovány celkovým rázem podnebí, ročním počasím, zeměpisnou polohou, nadmořskou výškou, složením půdy, vzdáleností mezi stromy nebo stářím stromu. Za nejlepší místo k růstu stromů s optimálními vlastnostmi ozvučného dřeva se považují husté, na světlo chudé porosty na mírně živné půdě. Mělo by se jednat o nepřilíživě strmé severní svahy, které mají během roku málo slunečných dní a dostatek vlhkosti. Stromy na takovýchto svazích mají šanci najít slunce jen nahoře, proto rostou vysoko vzhůru a vytváří rovná dřevní vlákna. Jsou zde chráněny před větrem, proto mají čistý kmen s vysoko nasazenou a stejnoměrnou korunou, která je zárukou jemných a pravidelně vytvářených letokruhů. Nejpříznivější období pro kácení rezonančních smrků je zima, kdy obsahují velmi málo pryskyřice. Čím je dřevo starší, tím méně obsahuje pryskyřic. V poraženém dřevě jich postupně ubývá, což zlepšuje schopnost vibrace vláken. Jakmile se však pryskyřice spotřebuje úplně, začne dřevo práchnivět, bortí se jeho struktura a tím se zvuk zhoršuje.

<sup>25</sup> Prach, Josef: Stavba klavírů a pianin a její problematika, SPN Praha, 1987, s. 49

<sup>26</sup> Petřík, Karel a Klímová, Hana: Technologie výroby klávesových nástrojů: učební text pro 2. a 3. roč. SOU učební obor mechanik hud. Nástrojů 1. vyd., SPN Praha 1986, s. 9

Říká se, že proslulý tyrolský houslař Jakob Stainer z Absamu (1617(19) -1683)<sup>27</sup> hledal nejlepší ozvučné dřevo tak, že čekával v zimě v horním Enstalu u smyků, kterými byly pokácené smrky pouštěny po zmrzlém sněhu dolů do údolí. Celé dny poslouchal, jak znějí spouštěné kmeny a vybíral z nich ty, které se už zdaleka ozývaly nápadně vysokým, dlouho znějícím tónem. Tuto zvukovou zkoušku prováděli také jiní italské mistři.<sup>28</sup>

Rezonanční deska je vyztužena žebry, které ji zpevňují a zároveň mírně vyklenují. Na desku se následně přidělají kobyly. Jedná se o zakřivené hranoly z jakostního bukového nebo javorového dřeva. Jejich funkcí je zajistit strunám co nejúčinnější kmitání a následně přenést chvění na rezonanční desku. Povrch mají stupňovitě opracován výduby, aby hrany kobyly nepřekážely chvění strun. Výduby mají začínat v půlce síly kobylových hřebíčků, které jsou zaraženy ke středu kobyly, aby mohly klást dostatečný odpor strunám, které se o ně opírají. Kobyly jsou k rezonanční desce naklíženy a odspodu přišroubovány. Rozlišujeme kobyly hlavní a basovou a jejich tvar je podmíněn výměrem strunové menzury.<sup>29</sup>

## 2.4 Litinový rám

Litinový rám (na obr. č. 9 cast iron plate) je co do váhy nejtěžší část klavíru. Jak už bylo zmíněno v první kapitole, funkcí litinového rámu je vstřebat tlak strun. U velkých koncertních modelů může tlak stovek strun dosahovat až 20 tun. Důležité je nejen správné vyřešení tvaru rámu, ale také složení litiny. Každý výrobce používá vlastní recept. V současné době se rámy vylévají dvěma způsoby:

- Tradiční vylévání do písku (Formy jsou vyrobeny z chemicky upraveného písku, který se obalí kolem předlohy a ztvdne. Když je předloha vyjmuta, dutý prostor uvnitř se vyplní roztavenou litinou. Po ochlazení se písek odlomí a odhalí nově odlitou desku) - Tento způsob používají všichni dále zmínění výrobci v této práci.
- Odlévání litiny ve vakuu - moderní způsob, používají ho značky Yamaha a Kawai.<sup>30</sup>

<sup>27</sup> [https://cs.wikipedia.org/wiki/Jakob\\_Stainer](https://cs.wikipedia.org/wiki/Jakob_Stainer)

<sup>28</sup> Prach, Josef: Stavba klavírů a pianin a její problematika, SPN Praha, 1987, s. 28-29

<sup>29</sup> Williams, John-Paul: Piano, Slovart, 2003, s. 48

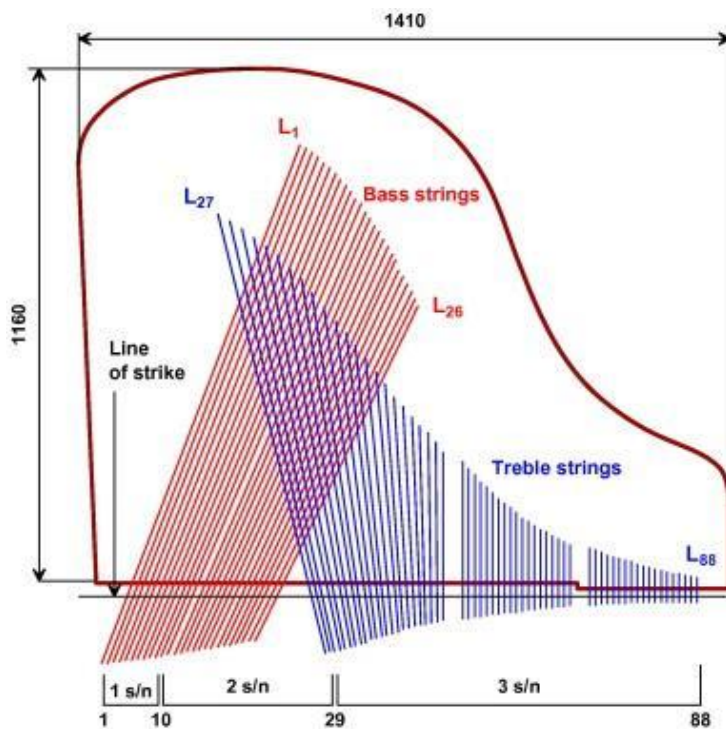
<sup>30</sup> <https://www.chuppspianos.com/services/grand-piano-parts/plate/>

## 2.5 Ostrunění

Nároky kladené na struny jsou ve všech ohledech vysoké, musí proto být vyrobeny z materiálu nejvyšší jakosti. Struna nejen vytváří zvuk, je také permanentně vystavena vysokému tlaku po mnoho let. Dráty jsou vyrobené z kvalitní oceli, v případě basových strun je ocel opředena měděným drátem. Dalším parametrem ovlivňujícím funkčnost strun jsou menzury.

Menzury strun určují délku napnutých strun. Neznamenají však jen stanovení délek chvějících se částí strun, ale také vytvoření souladu mezi délkami a šířkami strun, vlastnostmi používaného strunového drátu, délkami úhozů (délka od začátku struny, do kterého uhodí kladívko) atd. Velmi zjednodušeně: Pokud by všechny struny byly stejně široké a ze stejného materiálu, vrchní oktáva od určitého tónu by teoreticky znamenala poloviční délku struny. To však není možné, protože struny basových poloh by tak dosahovaly délky mnoha metrů a nebylo by možné je v prostoru klavíru umístit. Od diskantu směrem k basu se proto struny rozšiřují. Spolu se změnou tloušťky a materiálu se mění také potřebné napětí a délka struny k jejímu dobrému rozezvučení. Jedná se tedy o složité propočty mnoha vzájemně se ovlivňujících faktorů. Herbert Junghanns ve svém díle uvádí: Struna kmitá na základě fyzikálních zákonů:

1. Čím kratší je struna, tím vyšší je její tón. (Za předpokladu, že struna má stejnou tloušťku, napětí. Tudíž čím je kratší, tím menší má struna hmotnost)
2. Čím tlustší je struna, tím hlubší tón. (Předpoklad: stejná délka, napětí, zvětšující se hmotnost)
3. Čím více je struna napnutá, tím vyšší je její tón. (Předpoklad: stejná délka, tloušťka, hmotnost)
4. Čím větší hmotnost, tím hlubší tón. (Předpoklad: stejná délka, napětí, větší tloušťka)



Obr. 9<sup>31</sup> - Menzura strun

Menzura je dobrá, pokud poskytuje dobré účinky při spolupůsobení rezonanční desky a oplstěných kladívek. Po dlouholetých zkouškách nacházeli jednotliví výrobci klavírů vždy svoji menzuru, kterou považovali za nejlepší a kterou uchovávali jako výrobní tajemství.<sup>32</sup>

## 2.6 Mechanismus

Požadavky, které klavíristé kladou na funkci mechanismů (na obrázku č.9 Keyboard, Action) jsou vysoké a mnohostranné. Hráči posuzují nejen tónové kvality, ale zároveň pocity vznikající při hře. Mluví o hře těžké, únavné, necitlivé, o hře nejisté se špatnou, někdy pomalou repeticí. Jindy zase naopak o hře lehké, příjemné, určité, o dobré a citlivé repetici mechanismů, o dobré reakci při odstupňování úderů, o hře elegantní, precizní atd. V mnoha případech dokonce hráči upřednostňují klavíry, které jim vyhovují po stránce chodu mechanismu, i když zvukově nedosahují vysokých kvalit. Rozdílnost pocitů, které se vyskytují u různých nástrojů, je z podstatné části určena použitým systémem mechaniky. Každý mechanismus musí být do všech podrobností tak promyšlen a vyřešen, aby všechny pohyby při hře vykazovaly co nejmenší tření a byly v co nejpříznivějších poměrech. Velký vliv

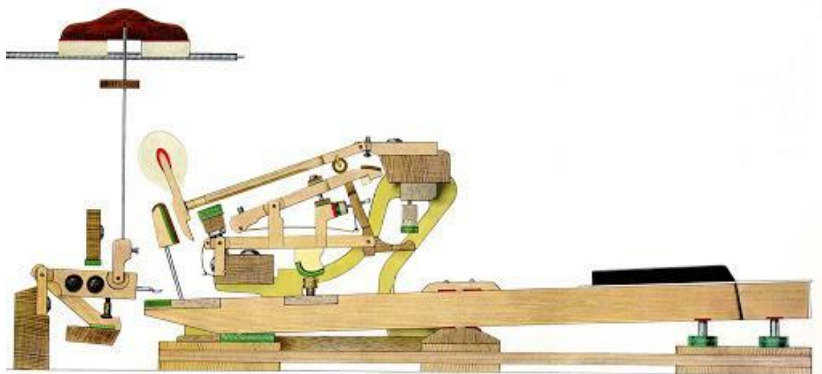
<sup>31</sup><https://www.google.cz/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.sciencedirect.com%2Fscience%2Farticle%2Fpii%2FS0003682X07001235&psig=AOvVaw1p5FyRzck5W8xweo4ImYj-&ust=1585045468398000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCNjYudSwsOgCFQAAAAAdAAAAABAI>

<sup>32</sup> Prach, Josef: Stavba klavírů a pianin a její problematika, SPN Praha, 1987, s. 31-38



má také konstrukce kláves. Různé modely klavírů mají různé délky kláves a rozdílné vnitřní vybočení kláves, což ovlivňuje fyzikální a mechanické podmínky hry. Přístupná (bílá) část klapek však bývá vždy stejně široká - 150 mm, u všech klapek je vždy zachován ponor 10 mm.<sup>33</sup>

Prakticky všechny moderní nástroje jsou vybaveny Herz - Érardovou dvojeřepiční mechanikou. (viz. kap. 1.5)



Obr. 10<sup>34</sup> – Herz - Érardova dvojeřepiční mechanika

## 2.7 Kladívka

Jedním z činitelů, který se podílí bezprostředně na slyšeném tónu, je oplstěné kladívko (na obr. č. 9 Hammers). Kladívka jsou zdánlivě jednoduché součásti nástroje, avšak pro vytváření zvukových vlastností nesmírně důležité. Jsou - li dobře zhotovená, dovedou vysoko povznést a rozvinout krásu tónu dobře zkonstruovaného klavíru. Naopak špatná kladívka mohou potlačit dobré vlastnosti i jinak výborných nástrojů. Pro životnost kladívek je důležitá vrstva kladívkové plsti na jejich temenech. Nejdůležitější složkou plsti je vlna. Ušlechtilého a výrazného tónu lze dosáhnout pomocí kladívek zhotovených z plsti jemných a čistých chlupů, pokud možno stejnorodých.<sup>35</sup>

Po sestavení, instalaci a nalazení klavíru dochází k finální úpravě kladívek - intonaci. Na základě zvukových vlastností se upravuje tvrdost kladívek. U příliš měkkých kladívek je plst napouštěna různými roztoky, které v plsti vytuhnou a zvýší její tvrdost. Příliš tvrdá kladívka se změkčují propichováním plsti intonačními jehlami. Potřebná tvrdost kladívek je ovlivněna jak charakteristikou nástroje, tak akustickými vlastnostmi prostoru, který rezevzdučují. Každá intonace je tedy velmi složitá. Proto zůstává většina dostupných klavírů

<sup>33</sup> Prach, Josef: Stavba klavírů a pianin a její problematika, SPN Praha, 1987, s. 63

<sup>34</sup> <https://www.google.cz/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fthetunersblog.blogspot.com%2F2014%2F10%2Fgrand-action-diagrams.html&psig=AOvVaw1mdVP6wYdSiiNyGcvugHEg&ust=1585044637143000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCMi7ptCtsOgCFQAAAAAdAAAAABAI>

<sup>35</sup> Prach, Josef: Stavba klavírů a pianin a její problematika, SPN Praha, 1987, s. 80-83



pouze „předintonována“ z výroby a nevyhovují tak svými zvukovými dispozicemi místnosti, ve které se nacházejí.

## 2.8 Ostatní komponenty

Na závěr jsou klavíry doplněny odnímatelnými komponenty - nohami, lyrou s pedály, klopou, notovým pultem, víkem a podpěrou víka. Funkce těchto dílců jsou zřejmé, tvary i použité materiály se u výrobců i jednotlivých modelů různí.

### 3. Srovnání modelů světových značek

#### 3.1 Bechstein

V roce 1853 založil Carl Bechstein dílnu na výrobu klavírů a pianin v Berlíně. Nejprve nebyl o tuto značku velký zájem, našli v ní ale zalíbení například Ferenc Liszt a Hans von Bülow. Díky kladným ohlasům nejen těchto velkých klavíristů začali být nástroje Bechstein stále více populární. Export rostl, především se vyváželo do Anglie a Ruska. V roce 1880 nechal Carl Bechstein v ulici Grünauer Strasse v Berlíně zřídit druhou továrnu. Další výrobní prostory vznikly v roce 1897 v Kreuzbergu. Tři roky poté, v roce 1900, Carl Bechstein umírá. Vedení se ujali synové, postupně se rodinný podnik přemění na veřejnou obchodní společnost. V roce 1903 vlastnila firma 4 továrny, ve kterých bylo zaměstnáno 800 zaměstnanců. Krize přišla po první světové válce, díky stálé oblibě a exportu do zámoří firma přežívá, v roce 1933 ale zkrachuje. K obnově došlo až v roce 1951. Bechsteinu se podařilo navázat na předešlý kvalitativní standart, díky tomu zažívá v 70. letech renesanci. V letech osmdesátých však přichází další krize. Firmu kupuje Karl Schulze odhodlaný značku zachránit. Postupně získává také továrny firem Hoffmann v Berlíně a Zimmermann v Seifhennersdorfu. Krušná ekonomická situace v 90. letech donutila firmu k transformaci. Všechna výroba se přesunula do Seifhennersdorfu, vedení firmy se stěhuje do ulice Kantstrasse ve čtvrti Charlottenburg v Berlíně. V Seifhennersdorfu se vyráběly nejen nástroje Bechstein, ale i levnější značky W. Hoffmann a Zimmermann. V roce 2003 začal Bechstein spolupracovat s jihokorejskou firmou Samick. Část výroby nižšího cenového segmentu se tak přesunula do Asie. V roce 2004 navázal Bechstein úzkou spoluprací s firmou Bohemia v Hradci Králové, v roce 2007 jí odkoupil, rozšířil a renovoval její zázemí. Vznikla tak dceřiná firma C. Bechstein Europe. Od roku 2008 je zde vyráběna nově koncipovaná řada pianin a křídel W. Hoffmann<sup>36</sup> (komponenty pochází od dodavatelů z Asie). Areál v Hradci Králové slouží také k lakování komponentů a restaurování starých nástrojů.

Bechstein vyrábí klavíry ve dvou řadách. Academy, jejichž primární účel je využití v institucích a školách. Hlavními prioritami těchto nástrojů jsou tedy z pochopitelných důvodů vysoká výdrž a finanční přístupnost. Při jejich výrobě se hledí na použití cenově dostupnějších materiálů. Řada Concert naopak cílí na co nejvyšší kvalitu, nehledě na náklady spojené s použitím co nejkvalitnějších prvků.

---

<sup>36</sup> <https://www.bechstein.com/cs/die-welt-von-bechstein/tradition/1850-1855/>

Výroba klavíru Bechstein začíná slepováním několika vrstev dřeva vnějšího a vnitřního rámu. Kvůli vysokým nárokům na pružnost a pevnost se používá červený a bílý buk. Řada Concert navíc obsahuje vrstvu mahagonu. Vnitřní rám je poté přilepen k vnějšímu rámu a dojde k vyztužení pomocí masivních podpěr.

Do rámu je zasazena pečlivě připravená rezonanční deska. Rezonanční desky vyrábí pro Bechstein, stejně jako pro Petrof a August Förster, firma Enrico Ciresa, sídlící v italském městě Tesero. Smrky použité k výrobě desky pocházejí z italských alp z nadmořských výšek nad 1000 metrů. Dřevo těchto pomalu rostoucích smrků disponuje ideální tloušťkou a zároveň přímostí ročních přírůstků. Očištěný materiál se pak suší za přísně kontrolované vlhkosti a teploty několik měsíců. K desce jsou poté přilepené kobylky z javoru a bílého buku, zajišťující ideální přenos vibrací ze strun.

Nyní je k rámu s rezonanční deskou přidělán litinový rám. Aby nástroj vynikal kvalitním zvukem, je třeba aby k sobě dokonale přiléhaly všechny součásti rezonátoru. Ačkoli je litinový rám vyroben a opracován pomocí velkých automatizovaných strojů, před připevněním k rezonanční desce je zkontrolován a případně ručně dobroušen.

V této fázi je klavír spolu s dalšími pohledovými komponenty odeslán do Hradce Králové, kde se nachází druhá firemní tovární hala. Ta slouží k lakování komponentů, renovaci starých nástrojů a také montáži klavírů a pianin značky Zimmermann, jejichž komponenty jsou vyrobené v Asii.

Po uchycení litinového rámu je nástroj ostruněn. Když jsou usazeny všechny ladící kolíky a struny jsou napnuty, dochází k opakovanému předlázování, aby si celá konstrukce navykla na silný tlak napnutých strun, který v případě největších modelů křídel může dosahovat až 20 tun.

V poslední fázi je nástroj vybaven mechanismem. Narozdíl od většiny ostatních výrobců používá nově Bechstein mechaniky i kladívka vlastní výroby. Dříve byly dodávány firmou Renner, která nyní ovládá většinu trhu. Jedním z popudů k tomuto kroku byl masivní výpadek dodávek mechanik během pandemie Covidu-19. Vlastní produkce dává prostor k vývoji a experimentování, čehož Bechstein využívá. Jeho kladívka, vyrobená z novozélandské ovčí vlny, jsou při výrobě vystavena speciálně přizpůsobenému tlaku a teplotě, díky čemuž údajně není třeba při intonaci kladívek používat intonačních jehel. Vzhledem k důležitosti a náročnosti intonace pomocí jehel se bezpochyby jedná o velice úspornou inovaci, nabízí se však otázka, jestli tím celková kvalita nástroje není ochuzena. (Při výrobě klavírů značky Steinway musí každý nástroj projít pečlivou intonací tří různých intonérů).

Délka výroby klavíru se pohybuje v rozmezí 9 – 12 měsíců u klavírů, 6 – 9 měsíců u pianin (o jejich výrobě však v této práci není pojednáváno). Ročně vyrobí Bechstein kolem 700 klavírů a 2000 pianin.

Řada Academy obsahuje 5 modelů (čísla odpovídají délce nástrojů v centimetrech):

- A 160
- A 175
- A 190
- A 208
- A 228

Exkluzivní řada Concert nabízí také 5 modelů (čísla opět reprezentují délku v centimetrech):

- L 167
- A 192
- B 212
- C 234
- D 282

### 3.2 Petrof

Historie kdysi nejúspěšnějšího českého výrobce hudebních nástrojů začala v roce 1864, kdy Antonín Petrof postavil první klavír vlastní značky v Hradci Králové. Firma se brzy začala těšit velkému úspěchu, kromě Rakousko - Uherska vyvážela své produkty do celého světa. Když v roce 1915 oba rodiče Antonín a Marie Petrofovi zemřeli, převzal vedení podniku nejmladší syn Vladimír Petrof. „V roce 1932 získala firma Petrof licenci na výrobu elektroakustických klavírů značky Neo-Bechstein, později přejmenované na Neo-Petrof. V závodech se pod hlavičkou Petrof vyráběly také nástroje jiných značek. Po roce 1945 získal Petrof znárodněný pobočný závod na výrobu klavírů v severočeském Jiříkově firmy August Förster, která má své sídlo v saském městě Löbau. Dnes se v této pobočce kompletují piana značky Weinbach z dílů vyrobených v Číně. Po 2. světové válce byl podnik v roce 1948 znárodněn.“<sup>37</sup> V letech 1991 až 1998 došlo k reprivatizaci. Zpět do rukou rodiny Petrofů se dostává až v roce 2001. V roce 2009 představí novou generaci klavírů, v roce 2014, při příležitosti 150. výročí založení firmy, je představena prémiová značka Ant. Petrof.<sup>38</sup>

Ačkoli firma Petrof disponuje opravdu impozantní velikostí továrního komplexu, její výroba (pokud hovoříme o výrobě prémiové řady Ant. Petrof) klavírů je v mnohém podobná výrobě klavírů Bechstein.

---

<sup>37</sup> <https://cs.wikipedia.org/wiki/Petrof>

<sup>38</sup> <https://cs.wikipedia.org/wiki/Petrof>

Podobným způsobem postupuje při výrobě rámu, do něhož je vsazená rezonanční deska rovněž od italské firmy Enrico Ciresa (v případě řady Ant. Petrof). Po přidělení litinového rámu je klavír ostruněn a opakovaně předlazován. V základní řadě jsou modely Bora - Pasat vybaveny mechanikou Renner - Petrof (modifikovaná mechanika Renner) modely Monsoon a Mistral jsou vybaveny originální mechanikou Renner. Všechny modely obsahují Renner kladívka. Regulace mechaniky a intonace kladívek poté probíhá podle představ a nároků techniků a intonerů petrofu.

Současná základní řada klavírů Petrof představuje 6 modelů nesoucích přílehlavé meteorologické názvy odpovídající postupně stoupajícím povětrnostním podmínkám:

- P 159 Bora
- P 173 Breeze
- P 194 Storm
- P 210 Pasat
- P 237 Monsoon
- P 284 Mistral

Jak již bylo zmíněno, od roku 2014 se vyrábí také prémiová řada klavírů Ant. Petrof, při jejichž výrobě je kladen co největší důraz na používání nejvyšších materiálů a co největšího podílu ruční práce. Jedná se o modely:

- Ant. Petrof 275
- Ant. Petrof 225

### 3.3 August Förster

1. dubna 1859 se Friedrich August Förster usadil v Löbau, kde si zřídil skromnou dílnu a zcela sám zde vyrobil své první piano. V roce 1862 založil svou první továrnu kousek za městem, na ulici dnes známé jako Jahnstrasse. Po smrti Augusta Förstera v roce 1897 převzal otěže společnosti jeho syn Cäsar Förster. Ten mimo jiné založil další továrnu v Jiřikově v Čechách v roce 1900. Rakousko - Uhersko bylo důležitým trhem, zavedení vysokých dovozních cel v roce 1886 však vedlo k obrovskému poklesu prodeje. Hranice byla jen pár kilometrů od Löbau a založením druhé továrny v Čechách se společnost mohla vyhnout těmto tarifům a proniknout na obrovský trh. V roce 1945 byla tato továrna zabráná českou vládou. Do roku 2000 zde Petrof vyráběl piana pod názvem August Förster. Design a kvalita těchto pian však nebyla srovnatelná s originálními nástroji vyráběnými podle řemeslné

tradice Förster v Löbau. Po smrti Cäsara Förstera v roce 1915 se do čela firmy postavili jeho dva synové – nadaný výrobce klavírů Gerhard Förster a obchodník Manfred Förster. Pod jejich vedením společnost ve dvacátých a třicátých letech minulého století vyvinula řadu úspěšných návrhů, včetně čtvrttónového klavíru, čtvrttónového pianina a „Elektrochordu“. Během vlny znárodnění společností v roce 1972 byl August Förster přeměněn na státní podnik známý jako „VEB Flügel- und Pianobau Löbau“. V roce 1976 bylo příjmení přidáno k názvu společnosti. Poté byla známá jako „VEB Förster Pianos Löbau“. Společnost zůstala pod vedením Wolfganga Förstera (syn Manfreda F.) a v roce 1984 se stala pobočkou Německé klavírní unie Leipzig. Navzdory četným vyznamenáním a oceněním za různé modely klavírů na nejvýznamnějších mezinárodních veletrzích té doby se Förster – stejně jako všechny ostatní východoněmecké společnosti – stále potýkal s problémy s obstaráváním dílů od dodavatelů. Společnost však uskutečňovala mnoho prodejů v zemích mimo východní Německo, proto byla často schopna získávat díly od západních dodavatelů. Například od roku 1987 začal August Förster používat ve svých klavírech mechaniky Renner. Po pádu východoněmecké vlády Wolfgang Förster v roce 1991 rodinnou firmu znovu zprivatizoval. Ekonomická recese ve východním Německu na počátku 90. let vedla k restrukturalizaci výroby a sítě zaměstnanců. V následujících letech byly provedeny četné investice do údržby a rozšíření tradičního výrobního zařízení. Wolfgang Förster pokračoval v čele společnosti až do roku 2008, kdy ji předal své dceři Annetrin Förster. Dnes rodinná dílna August Förster stále čerpá z osvědčených řemeslných tradic při výrobě svých křídel a pianin.<sup>39</sup>

Firma se chlubí tradiční výrobou unikátních nástrojů za maximálního použití mistrovské ruční řemeslné práce. Hned při vstupu do továrního komplexu má opravdu člověk pocit, jako kdyby se zde zastavil čas v polovině minulého století. Čerstvé naporcované dřevo se nejprve zhruba 4 týdny suší v původní „sušárně“ z 19. století. Jedná se o důmyslně vytápěnou místnost, v níž je dřevo vystavené stálé vysoké teplotě. V rozlehlých sklepech pak dřevo dosychá po dobu 2 – 3 let. Rezonanční desky vyrobené italskou firmou Enrico Ciresa dosychají ve speciální místnosti další 1 – 2 roky.

Samotný výrobní proces začíná ručním slepováním a tvarováním několika vrstev bukového dřeva pro vnější rám, borovicového dřeva pro vnitřní rám. Vnitřní rám je nejprve opatřen masivními vzpěrami, rezonanční deskou, bukovým kolíčkem a litinovým rámem, až poté je vsazen do rámu vnějšího.

Litinový rám je ručně opracovaný. Nástroje jsou poté vybaveny strunami německého výrobce Röslau. Hlubší měděné struny si Förster vyrábí sám, jedná se o zdlouhavý a velmi pracný proces namotávání měděného drátu na ocelovou strunu. Výsledkem je unikátní barva zvuku nástrojů v basových polohách.

---

<sup>39</sup> <https://www.august-foerster.de/en/history/>

Všechny nástroje jsou lakované, broušené a leštěné ručně. Mechaniku i kladívka dodává Renner. Zde je nutno podotknout, že ačkoli Renner vyrábí mechaniky pro několik značek, pro každého jsou vyráběny na míru.

Celý proces výroby klavíru trvá 6 – 7 měsíců.

August Förster vyrábí jednu základní řadu 4 velikostí klavírů (udaná čísla představují délku nástrojů v centimetrech).

- Model 170
- Model 190
- Model 215
- Model 275 "Super Mondial"

### 3.4 Steinway & Sons

Nástrojař Heinrich Engelhard Steinweg postavil své první fortepiano v roce 1825 a daroval ho své ženě jako svatební dar. V kuchyni jejich domova v Seesenu v Německu inovoval v roce 1836 svůj návrh velkého klavíru. S pomocí svých synů dokázal Steinweg vyrobit až deset nástrojů ročně. Politické nepokoje a ekonomický pokles přinutil velkou část rodiny Steinwegů aby se v roce 1850 přestěhovali do New Yorku. Heinrich předal podnik svému synovi C.F. Theodorovi, který se rozhodl zůstat v Německu. Po příjezdu umožnily zkušenosti s truhlářstvím a stavbou hudebních nástrojů rodině získat zaměstnání u různých stavitelů pian a začlenit se do vyvíjející se newyorské kultury. Ve snaze vyhnout se diskriminaci, které mnozí přistěhovalci čelili, se Heinrich Engelhard Steinweg rozhodl změnit své jméno na Henry E. Steinway. Strávit život prací pro jiné stavitele pian však nebylo rodinným cílem. Odhodlání a vytrvalost vedly k oficiálnímu založení Steinway & Sons 5. března 1853. Inovace rodiny Steinway, pečlivá povaha a silné rodinné vazby byly základem renomované korporace, kterou se stala. Henry Engelhard Steinway byl údajně tak pečlivý, že během stavby jejich továrny na Fourth Avenue v roce 1860 dohlížel na stavbu a zabránil použití jediné krokve nebo trámu, které by obsahovaly nedokonalost. Steinway během tohoto období tvrdě soutěžil s ostatními výrobci pian, firmě se však stále dařilo prosperovat. V polovině 60. let 19. století C.F. Theodore Steinway opustil svou společnost Grotrian-Steinweg (tato firma dodnes vyrábí exkluzivní klavíry a pianina) a přestěhoval se do Spojených států, aby se připojil k rodinnému podniku. Neuvěřitelně talentovaný inženýr a designér pian si nechal patentovat desítky inovací, které měly obrovský dopad nejen na Steinway & Sons, ale i na klavírní průmysl jako celek. Díky kombinaci jeho inženýrského talentu a Williamova

obchodního ducha se společnost začala prosazovat u svých konkurentů. Během období mezi koncem 19. století a začátkem 2. světové války prošel Steinway tím, co mnozí považují za svou zlatou éru. Kvalita se zvýšila a inovace kralovaly. V roce 1875 otevřel Steinway v Londýně Steinway Hall, čímž rozšířil svůj celosvětový dosah. Aby zvýšila svou přitažlivost pro evropský trh, otevřela společnost v roce 1880 továrnu v německém Hamburku. Tento podnik byl výhradně ve vlastnictví Theodora a Williama a byl oddělený od newyorského obchodu. Klavíry postavené v Hamburku sdílejí mnoho stejných technik a inovací jako jejich bratři z New Yorku, inženýři a designéři sdílejí nápady mezi oběma továrnami. Existují však rozdíly, díky nimž jsou tyto nástroje jedinečné a někdy jsou klavíristy preferovány. Během „teflonové kontroverze“ odmítl Hamburk použít nové teflonové díly prosazované jejich newyorskými protějšky. Evropská pobočka také vyrábí modely, které továrna v New Yorku přestala vyrábět. (Například Hamburk stále vyrábí Semi-Concert Grand Piano Model C, které velikostí spadá mezi Model B a Model D)<sup>40</sup>

Firma si dokázala už brzy po svém vzniku vytvořit pověst výrobce produktu, jehož prioritou je vždy kvalita, nehledě na nákladnost materiálů nebo způsob jejich zpracování. Tuto filozofii si uchovala až do dneška. Díky tomu je celý postup, od zpracování surového dřeva až po vypracování nejjemnějších detailů, prostoupen celou řadou unikátních patentních postupů a technologií.

Veškeré dřevo použité při výrobě je pečlivě skladováno a dosušováno do požadované vlhkosti v továrních skladech. Samotná výroba začíná slepováním několika tenkých vrstev dřeva do tvaru rámu, narozdíl od ostatních výrobců však Steinway od začátku pojí vnitřní i vnější rám dohromady jako jeden komponent. Použitý materiál je javor a mahagon, masivní vzpěry kostry jsou březové.

Rezonanční desky jsou vyráběny přímo v areálu továrny. K jejich přípravě je použito vybrané dřevo Smrku druhu Sitka z Aljašky. To je po nasušení na přesně stanovenou vlhkost nařezáno na jednotlivá prkna, která prochází další důslednou selekcí. Jakákoli vzájemná nerovnoměrnost dřevních vláken nebo přítomnost i nejmenších suků je nepřípustná. Po slepení prken a přidělení žeber je vzniklá deska vystavena patentnímu způsobu vypnutí, díky kterému vznikne ideální vyklenutí desky, které je nezbytné pro perfektní rozezvučení. Deska je poté patentně přichycena k rámu, opatřena kobylykami z laminovaného javoru a překryta litinovým rámem.

Stejně jako Petrof a Förster, Steinway používá k ostrunění svých nástrojů struny Röslau.

Dlouholetým dodavatelem mechanik pro Steinway je Renner. Vzájemná spolupráce byla završena v roce 2019, kdy se Steinway stal novým vlastníkem Renner.<sup>41</sup> Stejný výrobce však neznamená stejnou mechaniku pro všechny odběratele, mechanika pro Steinway obsahuje

<sup>40</sup> <https://www.chupspianos.com/steinway-sons-pianos/history/>

<sup>41</sup> <https://www.louis-renner.de/ueber-renner/die-geschichte-renners/?lang=en>



několik dalších patentů. Zvláštní péče je věnována intonaci kladívek - každý nástroj musí projít intonací 3 různých intonérů. Za zmínku jedna ze současných inovací - v roce 2019 představil Steinway nový systém tzv. „Harmonických dusítek“.<sup>42</sup> Jedná se v podstatě o dusítka intonovaná pomocí jehel, podobně jako kladívka. Optimalizovaný povrch plsti tak eliminuje nežádané pazvuky při zdvihu dusítek od strun a zvýší citlivost při pedalizaci.

Základní řada klavírů obsahuje modely:

- S - 155
- M - 170
- O - 180
- A - 188
- B - 211
- C - 227
- D - 274

Kromě speciálních limitovaných edicí modelů a řad se stává stále populárnější systém Spirio - jedná se o samohrající systém umožňující nejen přehrávat skladby z široké databáze nahrávek, ale nově také umožňující přehrávat přímý přenos z koncertů. Spirio se instaluje do modelů O, B a D.

---

<sup>42</sup> <https://eu.steinway.com/en/a-legend/todays-steinway/harmonic-damper-setting/>

## **Závěr**

Práce na této publikaci mi poskytla užitečný vhled do pestrého světa klavírnictví. Chtěl bych poděkovat všem pracovníkům výše zmíněných firem, se kterými jsem se mohl setkat. Všichni projevili velikou ochotu ke spolupráci a jednali se mnou velice profesionálně. Některé zajímavé informace jsem zde bohužel nemohl uvést, protože nebylo možné ověřit jejich pravdivost. Spousta těchto "klepů" mi však barvitě ilustrovala, jak náročný a silně konkurenční obor klavírnictví je.

Klavír, již od svého vzniku, zůstává ústředním nástrojem hudební kultury. Díky svým vynikajícím tónovým vlastnostem je hojně využíván na poli sólovém, orchestrálním, komorním či doprovodném. V dnešní době, kdy nástroje podléhají stále větší digitalizaci, je třeba poučit neinformovanou veřejnost o nenahraditelnosti zvuku manuálního nástroje. Finančně dostupnější elektronika nyní oslabuje řemeslo, které se již 3 století zdokonaluje. Cílem této práce je aspoň částečně přiblížit čtenáři, jaké obrovské množství práce, profesionality a píle je ukryto v každém nástroji.

# Seznam zdrojů

## Odborná literatura

SÝKORA, Václav Jan. *Dějiny klavírního umění od nejstarší doby až po současnost: učebnice pro konzervatoře a pro lidové školy umění*. Praha: Panton, 1973.

VALÁŠKOVÁ, Zdena, Rudolf ZRŮBEK a František MACHÁČEK. *Klavír a lidé: výroba klavírů a pianin v Československu*. Hradec Králové: Kruh, 1984.

HOLZKNECHT, Václav, Vladimír POŠ a Miloslav NEDBAL. *Kniha o hudbě*. Praha: Orbis, 1962. Malá moderní encyklopedie (Orbis).

NAUMANN, Emil. *Illustrierte Musikgeschichte*. 1908.

HUTTER, Josef. *Hudební nástroje*. Praha: B. Novák, 1945.

HOFFMEISTER, Karel. *Klavír*. Praha: Hudební matice.

MODR, Antonín. *Hudební nástroje*. Praha: Supraphon, 1977.

BONHARD, Vladimír a Josef PRACH. *Piana a pianina*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1958.

PRACH, Josef. *Stavba klavírů a pianin a její problematika: metodická příručka pro učitele konzervatoří, hudebních a tanečních škol a střední ladičské školy při konzervatoři pro mládež s vadami zraku ; Josef Prach*. Praha: SPN, 1987.

KAREL, Petřík a Hana KLÍMOVÁ. *Technologie výroby klávesových nástrojů pro 2. a 3. ročník SOU, učební obor mechanik hudebních nástrojů*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1986.

WILLIAMS, John-Paul. *Piano*. Slovart, 2003

## Prameny

[www.metmuseum.org](http://www.metmuseum.org)

<https://en.wikipedia.org>

<https://cs.wikipedia.org>

<https://www.chuppspianos.com/services/grand-piano-parts/plate/>

[https://i.ytimg.com/vi/uZjcV3\\_0PqQ/maxresdefault.jpg](https://i.ytimg.com/vi/uZjcV3_0PqQ/maxresdefault.jpg)

<http://www.pianoworld.com/forum/gallery/42/full/3965.png>

[https://www.researchgate.net/profile/Garyfallia\\_Katsimiga/publication/315875145/figure/fig4/AS:481756345311235@1491871071765/English-action-c-1771-5.png](https://www.researchgate.net/profile/Garyfallia_Katsimiga/publication/315875145/figure/fig4/AS:481756345311235@1491871071765/English-action-c-1771-5.png)

[https://www.pianos.de/UserFiles/Image/das\\_instrument/geschichte/19\\_jahrhundert/1808\\_era\\_rdmecanik.jpg](https://www.pianos.de/UserFiles/Image/das_instrument/geschichte/19_jahrhundert/1808_era_rdmecanik.jpg)

<https://www.europeanosnaples.com/wp-content/uploads/2018/03/Piano-Parts.jpeg>

<https://koganeishop.miyajimusic.jp/piano/assets/images/bosendorfer/making-photo03.jpg>

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Jakob\\_Stainer](https://cs.wikipedia.org/wiki/Jakob_Stainer)

<https://www.google.cz/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.sciencedirect.com%2Fscience%2Farticle%2Fpii%2FS0003682X07001235&psig=AOvVaw1p5FyRzck5W8xweo4ImYj-&ust=1585045468398000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCNjYudSwsOgCFQAAAAAdAAAAABAI>

<https://www.google.cz/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fthetunersblog.blogspot.com%2F2014%2F10%2Fgrand-action-diagrams.html&psig=AOvVaw1mdVP6wYdSiiNyGcvugHEg&ust=1585044637143000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCMi7ptCtsOgCFQAAAAAdAAAAABAI>

<https://www.bechstein.com/cs/die-welt-von-bechstein/tradition/1850-1855/>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Petrof>

<https://www.august-foerster.de/en/history/>

<https://www.chuppspanos.com/steinway-sons-pianos/history/>

<https://www.louis-renner.de/ueber-renner/die-geschichte-renners/?lang=en>

<https://eu.steinway.com/en/a-legend/todays-steinway/harmonic-damper-setting/>