

VYSOKOHODNOTNÝ BETON A JEHO UPLATNĚNÍ ZA HRANICEMI STAVEBNICTVÍ: UHPC JAKO MATERIÁL PRO KORPUSY BICÍCH NÁSTROJŮ

Jan Prchal¹

Katedra betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební,
České vysoké učení technické v Praze, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6, Česká republika.
jan.prchal.1@fsv.cvut.cz

ABSTRAKT

Článek je zaměřen na problematiku bicích nástrojů a materiálů používaných k jejich výrobě. První část článku je věnována základním poznatkům z oblasti historie a vývoje bicích nástrojů a základním akustickým principům bicích nástrojů. Těžištěm článku je kapitola věnovaná materiálu Ultra High Performance Concrete (UHPC) a jeho využití k výrobě korpusů bicích nástrojů. Podrobně je popsán návrh korpusu nástroje.

KLÍČOVÁ SLOVA

Bicí nástroje • Materiály • UHPC

ABSTRACT

This paper focuses on percussion instruments and materials for their making. Firstly, elementary facts of the history, acoustics of drums and development of percussion instruments are mentioned. The main part of the thesis is dedicated to Ultra High Performance Concrete as a possible material for making percussion instruments. Design of shell of the drum is discussed in detail.

KEYWORDS

Percussion • Instruments • Materials • UHPC

1. ÚVOD

Bicí nástroje jakožto jedny z nejstarších hudebních nástrojů vůbec prošly během své několikatisícileté existence bouřlivým vývojem. Během této doby bylo k výrobě bicích používáno nepřeberné množství materiálů a technologií, které se zásadním způsobem lišily v závislosti na geografické poloze, období vzniku, výrobních nákladech a v neposlední řadě i na samotném účelu využití daného nástroje. V článku je navázáno na již zpracované poznatky o využívání a výrobě bicích nástrojů.

Na základě vyrobených a běžně používaných exemplářů se lze domnívat, že jistou mezeru ve zvukové kvalitě nástrojů vyrobených s využitím konvenčních materiálů (dřevo, plast, ocel a další kovy) je možné vyplnit použitím materiálu na cementové bázi – UHPC. Text seznamuje s možnostmi, které pro

výrobu akustických nástrojů nabízí technologie a know-how ve 21. století. V článku, jenž se zdánlivě vzdaluje stavebnímu odvětví, je pojednáno o možnostech moderního materiálu UHPC coby materiálu pro výrobu korpusů pro akustické bicí nástroje. Snahou je ukázat aplikaci UHPC, která sahá o něco dál za hranice stavebnictví.

2. BICÍ NÁSTROJE: HISTORIE A ZÁKLADNÍ PRINCIPY

2.1. Stručný vývoj a popis bicích nástrojů²

Vznik prvních bubnů koresponduje s objevem blány jakožto prvku, který byl napnut na určitý předmět a který byl rozkmitán díky perkusivním impulsům. První primitivní blanozvučné nástroje vznikly tímto způsobem před několika tisíci lety. Bicí nástroje (a bubny především) se vyskytovaly téměř ve všech kulturách v různých podobách a modifikacích. Obvyklou funkcí bubnů jako rytmického instrumentu bylo rovněž šíření zpráv na velké vzdálenosti. V mnoha oblastech světa bubny navíc sloužily k četným posvátným a rituálním účelům a byly rovněž spojovány s magickými a nadpřirozenými silami. Bubny si zachovávají svou popularitu a jsou hojně využívány dodnes. Stále plní svou původní funkci a jsou součástí prakticky všech kultur, a až na naprosté výjimky se používají téměř ve všech hudebních žánrech.

Článek je zaměřen výhradně na blanozvučné bicí, jež jsou zpravidla součástí tzv. soupravy bicích nástrojů. Soupravu tvoří kombinace bubnů, činelů a případně dalších perkusivních nástrojů, které jsou v závislosti na účelu využití vhodně uspořádány. Mezi bubny používané v soupravě jsou řazeny především malý a velký buben a tom-tomy.

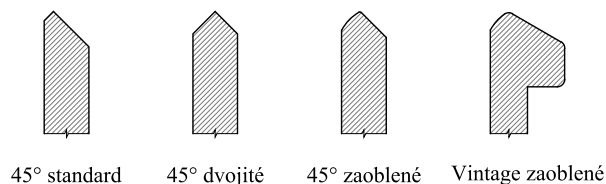
2.2. Konstrukce blanozvučných bicích nástrojů

Bubny (tj. blanozvučné bicí) obvykle tvoří korpus (též tělo či rám) válcového tvaru, na který jsou pomocí různorodých mechanismů upnuty dvě blány. Rozměry korpusu jsou určeny průměrem, výškou a tloušťkou stěny. Okraje korpusů (zvané úložné hrany, dosedové hrany) jsou upraveny pro kontakt s blánami tak, aby umožňovaly co možná nejdokonalější pře-

¹ Školitel: doc. Ing. Lukáš Vráblík, Ph.D.

² Shrnuto na základě: Dean, M. (2012), The Drum: A History a Blades, J. et al. (2001), Drum. In: Grove Music Online.

nos vibrací z blány do korpusu. Jedná se o jednu z nejdůležitějších částí korpusu, jejíž přesnost, rovinnost a celková kvalita zpracování předurčuje zvukové vlastnosti bubnu jako celku. Lze se setkat s různými variacemi tvarů úložných hran (vizte Obrázek 1), které prošly dlouholetým vývojem a které jsou často charakteristické pro zvuk bubnu určitého období. Až na výjimky jsou na tělo bubnu montovány další komponenty. Montáž přináší zpravidla mechanické zásahy do korpusu, které ovlivňují zvukové vlastnosti nástroje.



Obrázek 1: Provedení úložných hran korpusů.

Rozhodujícími vlastnostmi materiálu určeného pro korpusy jsou hustota a modul pružnosti. Tyto veličiny společně ovlivňují rychlost šíření zvuku v materiálu. Spolu s rozměry (tloušťkou, výškou a průměrem) mají zásadní vliv na rezonanční vlastnosti korpusu. Obecně lze říci, že se zmenšující se tloušťkou korpusu se snižuje základní tón bubnu. Zvukovou charakteristiku dále různou měrou ovlivňuje celá řada činitelů. Jmenuji povrchovou úpravu (jež má funkci ochrannou³, estetickou i fyzikálně-akustickou), technologii výroby korpusu a v neposlední řadě velikost a množství otvorů sloužících buď pro kotvení mechanických součástí, nebo pro kompenzaci tlaku vzduchu uvnitř a vně korpusu.

2.3. Akustické principy bicích nástrojů⁴

Každý hudební nástroj jakožto přirozený zdroj hudebního signálu tvoří tři komponenty: 1. Budič (též excitátor, generátor, napáječ) – budící prvek; 2. Oscilátor – kmitající prvek; 3. Rezonátor – zesilující a vyzářující prvek.

Aplikujeme-li uvedené členění na blanozvučné bicí nástroje, pak lze za budící prvek označit paličku. Tzv. modulátorem oscilátoru je hráčova ruka. Oscilátor tvoří blána napnutá na korpusu nástroje. Rezonátor je tvořen vzdušnou dutinou s daným objemem, která je dle konstrukce nástroje zcela nebo částečně ohraničena. V závislosti na typu budícího prvku je určen charakter produkovaného tónu. Pro bicí nástroje je typický impulzní průběh buzení.

Membrána blanozvučných nástrojů představuje plošný (2D) oscilátor. Dvojrozměrnost je příčinou vzniku dvojího typu kmitání membrány, tj. módů radiálních a kruhových. Frekvence módů kmitání kruhové membrány nejsou vzájemně

v harmonických vztazích. Vyšší módy tedy nejsou celočíselnými násobky základního módu. Z toho důvodu je vjem výšky zvuku u velké části membranofonů velmi neurčitý.

3. NÁVRH MALÝCH BUBNŮ Z UHPC

Hlavním cílem práce je provést návrh malého bubnu běžně používaného v rámci soupravy bicích nástrojů, ale i samostatně. Důvodů, které vedly k upřednostnění právě tohoto nástroje před ostatními, je několik. „Tón“ (spíše řečeno zvuk) je více určitější výšky než například „tón“ velkého bubnu. Zvuk malého bubnu je fenoménem, vždy významným pro určitý materiál. Dalším důvodem je předpoklad, že u malého bubnu lze snáze ověřit navrhované konstrukční principy a postupy. Vhodnost plyne z optimálnější velikosti nástroje daného poměrem rozměrů coby průměr ku výšce a k předpokládané tloušťce korpusu. Vyzkoušený postup bude dále možno využít pro konstrukci dalších nástrojů soupravy.

Návrh a výroba korpusu nástroje z netradičního materiálu typu UHPC představuje komplexní úlohu zahrnující volbu rozměrů nástroje a korpusu, návrh směsi materiálu, návrh a přípravu bednění, vlastní betonáž a v neposlední řadě též kompletaci celého nástroje, přičemž se všechny tyto dílčí činnosti vzájemně ovlivňují.

3.1. Návrh rozměrů

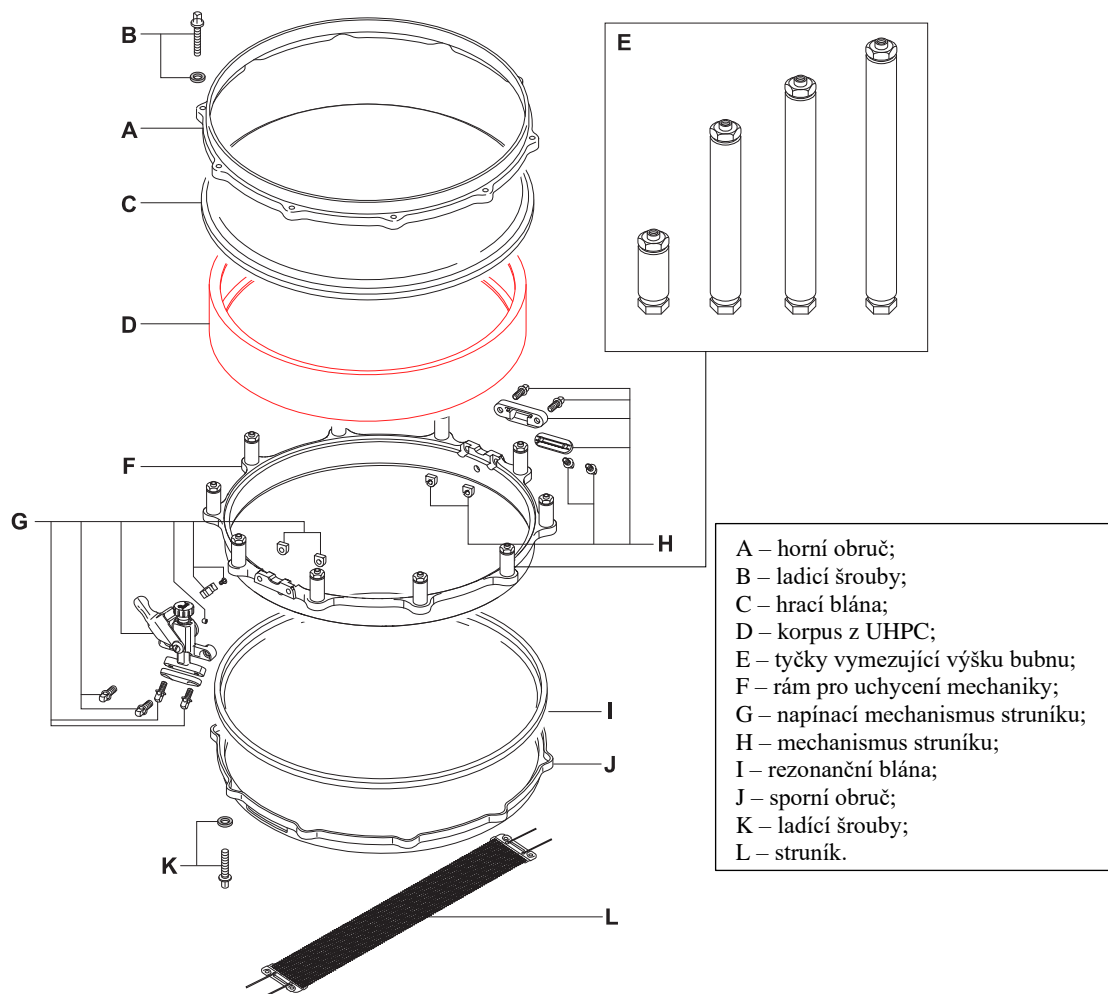
3.1.1. Průměr korpusu

Dimenze navrhovaného nástroje jsou do značné míry determinovány rozměry standardně vyráběných bubnů. Důvodem je určitá unifikace, jejíž hlavní předností je možnost použití vybavení a příslušenství z celého spektra již vyráběných komponentů (blány, obruče, strunění a nespočet dalšího příslušenství). Nejen z ryze pragmatických důvodů byl pro návrh zvolen buben průměru 14". Jedná se pravděpodobně o nejpoužívanější rozměr malého bubnu. S tím souvisí další důvod, kterým je množství existujících nástrojů tohoto rozměru, se kterými je možné výsledný produkt porovnat. Průměr bubnu ovlivňuje především výšku zvuku nástroje. Vedle průměru 14" jsou pro malé bubny běžné rozměry od 10" do 16".

V počáteční fázi celého procesu výroby je ověřována vhodnost UHPC pro zmiňovanou aplikaci. Tomuto dílčímu zámeru proto odpovídá složitost konstrukce nástroje a s tím související realizace. Snahou je zprvu co nejvíce zjednodušit postup výroby a minimalizovat dodatečné úpravy korpusu po jeho vybetonování. Z toho důvodu je použita mechanika malého bubnu z produkce společnosti *Pearl* s označením *Free Floating System*. Korpus malého bubnu je volně uchycen a není nikterak navrtán a do těla korpusu není osazena žádná mechanika. Veškeré součásti jako i vzájemné propojení obou obručí zajišťuje spodní ocelový rám (vizte Obrázek 2F), do kterého je také volně usazen korpus nástroje.

³ Např. u dřevěných korpusů redukuje ochranná vrstva vliv vlhkosti, která jinak ovlivňuje mechanické vlastnosti korpusu.

⁴ Shrnutí na základě: Syrový, V. (2003), Hudební akustika. Rossing, T. D. (1992), Acoustics of Drums.



Obrázek 2: Schéma malého bubnu včetně popisu mechanických součástí ⁵

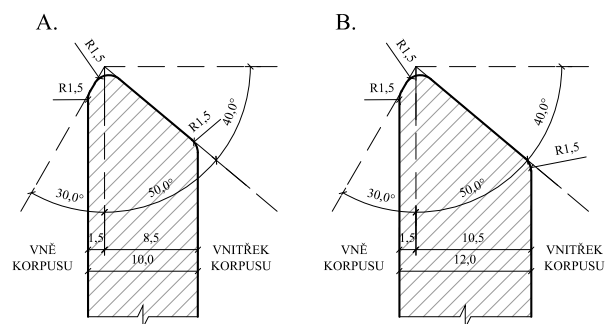
3.1.2. Výška korpusu

Parametrem, který významně ovlivňuje hlasitost nástroje a artikulaci jeho zvuku, je výška korpusu. Se zvětšující se hloubkou korpusu se všeobecně zvyšuje hlasitost nástroje. Mělčí korpus produkuje kratší zvuk s větší artikulací, což je dáno faktem, že povrch korpusu je menší, a tak nemůže dosahovat takové rezonance jako korpus větší hloubky. Kratší vzdálenost mezi blánami u mělčích korpusů zapříčiňuje také rychlejší reakci rezonanční blány při úderu na hrací blánu.⁶ Popsaný *Free floating system* umožňuje volbu mezi různými výškami korpusu, a přitom využívá stále stejné vybavení, vyjma stavějících tyček (Obrázek 2E). Výměnou těchto komponentů je možné dosáhnout výšky korpusu nástroje od 3,5" do 6,5", tedy přibližně od 8,9 cm do 16,5 cm.

3.1.3. Tloušťka korpusu

Třetím rozměrem, který po průměru a výšce určuje hrubý tvar korpusu, je tloušťka stěny korpusu. Z hlediska zvukových vlastností se jedná o důležitý parametr. Tenčí korpusy snáze rezonují a dodávají bubnu tón. Naopak silnější korpusy napo-

máhají projekci bubnu a rezonují méně. S ohledem na co nejnižší výslednou hmotnost korpusu a jeho rezonanci je žádoucí sílu stěny korpusu minimalizovat. Požadavky z hlediska proveditelnosti jsou však protichůdné a je upřednostňován korpus s větší tloušťkou. Řešení je kompromisní, kdy pro první aplikace volím dvě různé tloušťky korpusů: 10 mm a 12 mm. První realizace ukáže, zdali má smysl tloušťku ještě dále zmenšovat.



Obrázek 3: Tvar úložných hran korpusu z UHPC; A. tloušťka 10 mm, B. tloušťka 12 mm

⁵ Sestaveno na základě: Pearl Drums Spare Parts Catalog (2016).

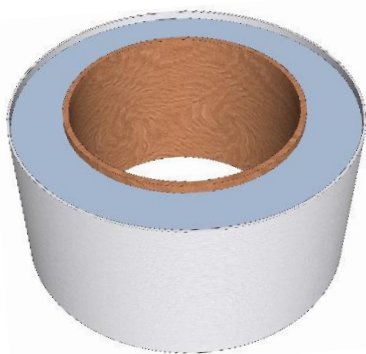
⁶ Johnson, S. (2005), Prof. Sound's Drum Tuning Bible.

Jak již bylo uvedeno výše (v oddílech 2.2 a 2.3), jsou další parametry, které mohou příznivě ovlivnit rezonanci korpusu. Těmito parametry se pokusím do jisté míry kompenzovat sílu stěny korpusu, která je větší, než bývá obvyklé. Jedná se o konstrukci úložných hran, která vychází z požadavků týkajících se betonáže. Navržená geometrie úložných hran je patrna z obrázku (Obrázek 3). Rezonanční vlastnosti budou kompenzovány hladkostí povrchu UHPC, o čemž je dále pojednáno v oddíle 3.2. Ve prospěch rezonance korpusu hovoří fakt, že do těla korpusu nebudou vrtány žádné otvory pro umístění mechaniky a dalších komponentů. Korpus bude volně usazen do mechaniky *Free Floating System*.

3.2. Návrh a výroba formy

S ohledem na vysoké nároky na přesnost úložných hran korpusu, která je zásadním předpokladem pro přenos vibrací z napnuté blány do korpusu, je nutné zvolit vhodný způsob výroby celého korpusu. Pro eliminaci dodatečných úprav korpusu je navržen postup, kdy bude celý korpus vč. úložných hran odlit z UHPC v jednom pracovním kroku. Korpus je (vizte Obrázek 2D) v přímém kontaktu pouze s hrací blánou, kdežto na opačném konci je korpus uložen do ocelového rámu (Obrázek 2F). Tento způsob uložení korpusu zásadně zjednodušuje konstrukci formy i proces výroby.

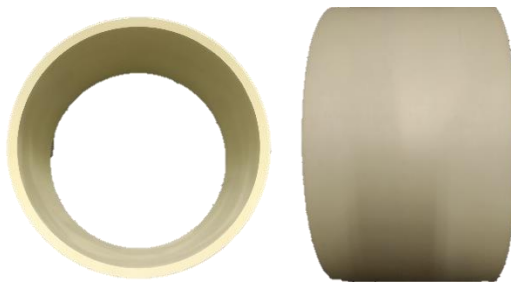
Návrh formy reflektuje specifické chování materiálu UHPC, jako jsou mj. smršťování, konzistence. Vznik trhlin v důsledku smrštění znamená ovlivnění akustických, mechanických i estetických vlastností korpusu. Vhodným materiálem formy je hmota s dostatečnou pružností, která bude dostatečně tuhá a stabilní, aby držela válcovitý tvar korpusu, zároveň ale umožní příčné smrštění korpusu. Elastická hmota musí umožnit vznik jemné povrchové úpravy (důležité z hlediska rezonance korpusu), zvláště v místě úložné hrany, která bude v kontaktu s blánou.



Obrázek 4: Vizualizace výroby formy

K vytvoření formy je nutné vymezit prostor pro odlití tzv. negativu, do kterého bude během následného výrobního procesu ukládána čerstvá směs UHPC. Prostor bude vymezen

dvojitými dutými válci. Následně bude zhotoven tzv. pozitiv⁷, který bude tvarově shodný s výsledným UHPC korpusem. Na pozitiv pro výrobu formy nejsou kladeny nároky z hlediska akustiky. Zásadním požadavkem je však přesnost zpracování, zvláště v místech úložných hran. Korpus – pozitiv bude upevněn do prostoru mezi dva válce. Schéma a popis jednotlivých součástí potřebných pro výrobu formy je uveden na obrázku (Obrázek 7). Výška formy může dosahovat až 20 cm a mohou se v ní odlévat korpusy výšky od 3,5" do 6,5".

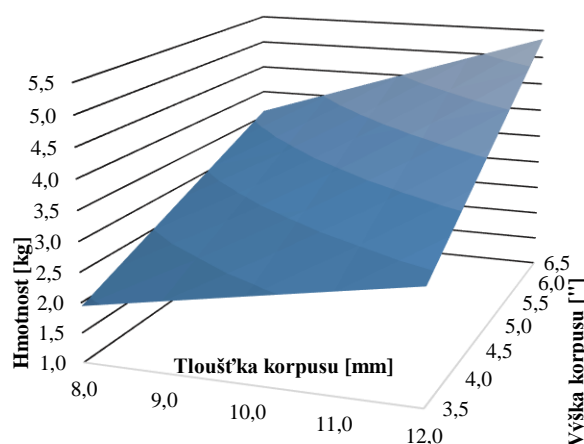


Obrázek 5: Dřevěný korpus průměru 14" pro výrobu formy

3.1. Vlastnosti malých bubnů vyrobených z materiálu UHPC

Důležitou vlastností malého bubnu z UHPC je vlastní hmotnost korpusu. Objemová hmotnost UHPC je zhruba čtyřnásobná oproti objemové hmotnosti dřeva, čemuž odpovídá celková váha korpusu. Vzájemný vztah mezi výškou, silou stěny a celkovou hmotností nabízí obrázek (Obrázek 6).⁸

Po zvukové stránce lze předpokládat, že buben bude mít po dokončení akustické vlastnosti, které vyplní pomyslnou mezeru mezi vlastnostmi kovových a dřevěných bubnů. Očekáván je sušší zvuk s nadprůměrnou hlasitostí. Tyto vlastnosti je však možné (alespoň do určité míry) ovlivnit volbou a úpravou celé řady parametrů, které byly podrobně analyzovány.

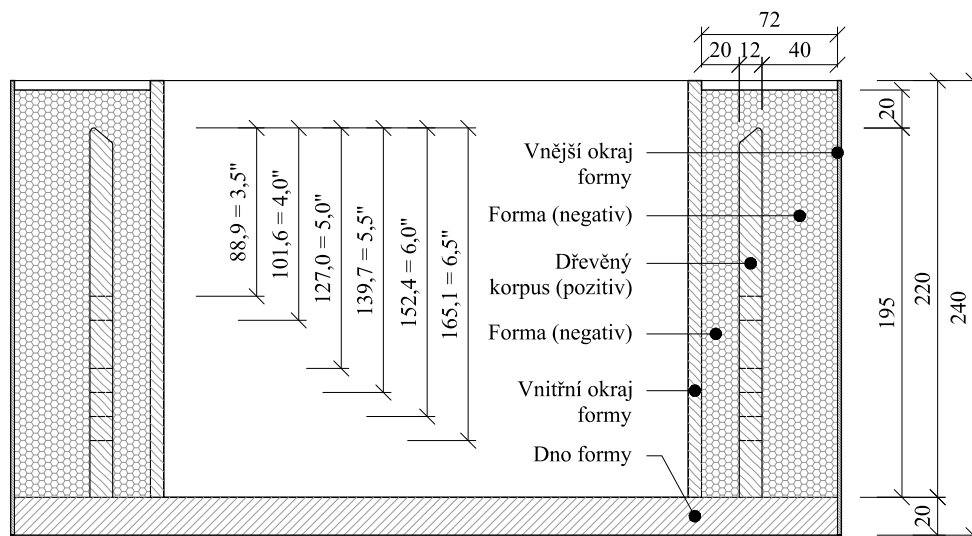


Obrázek 6: Hmotnost korpusu z UHPC průměru 14" podle výšky a tloušťky korpusu

⁷ Někdy též označovaný jako kopyto.

⁸ Pro korpus malého bubnu s rozměry 14"x5" a stěnou tloušťky 12 mm je výsledná hmotnost 4,11 kg. Jedná se pouze o hmotnost korpusu, ke

keré se dále přičítá hmotnost obou blan, struníku a především mechaniky.



Obrázek 7: Řez formou při výrobě, měřítko 1:4



Obrázek 8: Vizualizace dokončeného korpusu z UHPC

4. ZÁVĚR

V článku, v kterém jsou prezentovány výsledky obsáhlejší studie⁹, bylo pojednáno o možném uplatnění UHPC jako o materiálu pro výrobu korpusů bicích blanzvučných nástrojů. V článku je podrobně popsán návrh korpusu malého bubnu, který je volen jako vhodný reprezentant pro tuto aplikaci. Návrh korpusu z UHPC vychází z detailní analýzy konstrukčních, technologických a akustických vlastností nástrojů tvořených konvenčními materiály. Popsané principy jsou základem pro realizaci nástrojů z materiálu UHPC nebo z materiálů na podobné bázi.

V další fázi řešení problematiky je zamýšlena optimalizace geometrie korpusu předmětného nástroje, což předpokládá změnu jeho tloušťky a možnou úpravu geometrie úložných hran. Zkušenosti nabyté při realizaci budou zároveň vy-

užity k přípravě korpusů dalších nástrojů z rodiny bicích nástrojů. Získané poznatky z betonáže lze však dále uplatňovat napříč odvětvími stavebnictví. Měřítko, ve kterých se pohybuje tato řešená aplikace, se s dalším rozvojem a rozšířením UHPC s jistotou stávají skutečností.

ACKNOWLEDGEMENTS

Teoretické podklady pro prezentované výsledky byly získány za finanční podpory z prostředků studentské grantové soutěže v rámci projektu SGS20/042/OHK1/1T/11.

Rád bych poděkoval Ing. Davidu Čítkovi z Kloknerova ústavu ČVUT za všestrannou pomoc a za cenné informace o materiálu UHPC.

References

- Prchal, J. (2019), *Inovativní materiály pro výrobu bicích nástrojů a jejich srovnání s materiály konvenčními*. Praha: Bakalářská práce. HAMU.
- Dean, M. (2012), *The Drum: A History*. Lanham, Md.: Scarecrow Press.
- Blades, J. et al. (2001), *Drum*. In: Grove Music Online [online]. [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/gmo/9781561592630.article.51410>.
- Johnson, S. (2005), *Prof. Sound's Drum Tuning Bible* [online]. [cit. 2019-04-24]. Dostupné z: <http://circularscience.com/wp-content/uploads/2015/09/Drum-tuning-bible.pdf>.
- Syrový, V. (2003), *Hudební akustika*. Praha: Akademie múzických umění.
- Rossing, T. D. (1992), *Acoustics of Drums*. *Physics Today*, 45(3), 40–47.
- Pearl Drums Spare Parts Catalog (2016), In: Pearl [online]. [cit. 2019-07-07]. Dostupné z: <https://pearldrums.com/support/spare-parts-catalog/2016-spare-parts-catalog.pdf>.

⁹ Blíže vizte: Prchal, J. (2019), *Inovativní materiály pro výrobu bicích nástrojů a jejich srovnání s materiály konvenčními*.