

# UŽITNÝ VZOR

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2006 - 18082**  
(22) Přihlášeno: **15.09.2006**  
(47) Zapsáno: **05.02.2007**

(11) Číslo dokumentu:

## 17205

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

**E04B 1/82** (2006.01)

**E04B 1/84** (2006.01)

(73) Majitel:

Plachý Michael Ing., Praha, CZ

(72) Původce:

Plachý Michael Ing., Praha, CZ

(74) Zástupce:

UNIPATENT, Ing. Jiří Chlustina, Jana Masaryka 43-47, Praha 2, 12000

(54) Název užitého vzoru:

**Akustická rezonanční soustava pro pohlcování zvuku**

**CZ 17205 U1**

## Akustická rezonanční soustava pro pohlcování zvuku

### Oblast techniky

Technické řešení se týká akustické rezonanční soustavy pro pohlcování zvuku s kmitočtově širokopásmovým i pásmovým pohlcováním zvuku na nízkých, středních i vysokých kmitočtech, obsahující akusticky vázané obvody složené z akustických prvků se soustředěnými a rozprostřenými parametry. Technické řešení se tedy řadí mezi konstrukce pohlcující zvuk, zejména mezi rezonanční soustavy s kmitočtově širokopásmovým i pásmovým pohlcováním zvuku na nízkých, středních i vysokých kmitočtech, s užitím pro zvukově i esteticky náročné prostory a k širokopásmovému pohlcování hluku ve vnějších i vnitřních prostorech.

### 10 Dosavadní stav techniky

Široká škála dnes běžně používaných konstrukcí k pohlcování zvuku se vyznačuje užitím různých typů děr, štěrbin nebo šachet, vytvářejících pravidelné geometrické rastry, které svým technizujícím vzhledem mnohdy komplikují jejich architektonické začlenění do interiérů staveb, zvláště je-li nutné použít více typů akustických opatření ve stejném prostoru.

15 Existující omítkové systémy, které nevytvářejí rastr, mají nízkou pohltivost na nízkých a středních kmitočtech, tedy v pásmech, kde se od velkoplošných akustických opatření očekává zvýšená pohltivost v důsledku nízké přirozené pohltivosti vzduchu, která právě dosahuje mnohonásobně vyšších hodnot na vysokých kmitočtech.

20 Deskové porézní akustické obklady vytvářející poměrně jednolitě plochy pohlcují zvuk na nízkých kmitočtech, ale většinou pouze s nižšími hodnotami pohltivosti a s hlubokou vzduchovou mezerou od zvukově odrazivé stavební konstrukce, což přináší zvýšené nároky na prostor nebo také potřebu další plochy pro umístění akustického obkladu jiného typu.

Vysoké procento typů akustických obkladů využívá tlumicích vlastností minerálních nebo skelných vln, ať jsou to rezonanční absorbéry s tlumícími rohožemi nebo tlumícími vložkami, anebo deskové absorbéry z minerálních a skelných vln. Použití těchto materiálů je vždy spojeno s dalšími technickými opatřeními zabezpečujícími hygienické požadavky při jejich výrobě, manipulaci a běžném užití a dále opatřeními k užití těchto materiálů v prostředích se zvýšenou vzdušnou vlhkostí nebo omezeními v možnostech nezávislého užití skleněných a minerálních vln v prostředí se stírkající vodou, např. v exteriéru. To se týká např. nízkofrekvenčních rezonátorů pro pohlcování hluku. Výsledná technická opatření k zajištění hygienických požadavků pak často mají buď, negativní vliv na výsledné zvukoabsorpční vlastnosti konstrukce, anebo se stávají omezujícím faktorem pro rozvoj dalších technických možností konstrukcí pro pohlcování zvuku.

35 Na akustické konstrukce užitě v pochozích výškách interiérů je kladen požadavek dostatečné mechanické odolnosti, zvláště otěruvzdornosti, mechanické pevnosti a odolnosti proti poškození, které jsou omezujícím faktorem užití zvláště nízkofrekvenčních rezonačních systémů v podobě kmitajících látek, desek, štěrbinových rezonátorů, děrovaných panelů a desek, apod. Tyto konstrukce je poté nutné často přesunout na méně vhodné místo.

Potřeby akustiky na optimální rozložení pohltivosti v prostoru, zvláště pohltivosti na nízkých a středních kmitočtech, vedou často k užití více typů zvukoabsorpčních konstrukcí a prvků, jejichž výběr je často omezován nejen požadavky na mechanickou a požární odolnost užitých konstrukcí, ale i požadavky architekta na vzhled a jiné užité nebo technické potřeby prostoru. Tyto požadavky, představy a možnosti jdou často proti sobě a výsledné řešení vede k nutným kompromisům.

45 Navrhované technické řešení vychází z výše uvedených nedostatků a jeho úkolem je uvedené nedostatky eliminovat na minimum. Úkolem technického řešení je tedy vytvoření akustické rezonanční soustavy pro pohlcování zvuku, tj. absorpčního systému pro zvuk pro vnitřní i venkovní použití tak, aby, tento systém byl akusticky variabilní a bylo možné vnitřními konstrukčními

změnami ovlivňovat absorpční vlastnosti pro zvuk v kmitočtovém pásmu 80 Hz až 2 kHz, a to při zachování konstantní hloubky obkladu a typu povrchu. Dalším požadavkem je, aby systém vytvářel povrchy souvislé až jednolité i ve větších plochách, měl dostatečnou mechanickou odolnost pro použití i v pochozí výšce a byl použitelný i v prostředí se stříkající vodou.

## 5 Podstata technického řešení

Uvedený úkol řeší a nedostatky známého stavu techniky do značné míry odstraňuje akustická rezonanční soustava pro pohlcování zvuku s kmitočtově širokopásmovým i pásmovým pohlcováním zvuku na nízkých, středních i vysokých kmitočtech, obsahující akusticky vázané obvody složené z akustických prvků se soustředěnými a rozprostřenými parametry, podle tohoto technického řešení, jehož podstata spočívá v tom, že je tvořena soustavou rezonančního obvodu typu Helmholtzova rezonátoru, složenou z děrované desky s průchozími otvory a zadní vzduchové mezery, akusticky navázanou na akustickou soustavu tvořenou lícovou porézní vrstvou s tuhou tvrdou kostrou, přičemž obě soustavy jsou akusticky vázány prostřednictvím distanční vzduchové mezery.

Lícová porézní vrstva s výhodou tvoří také pohledové a mechanické krytí dalších akustických obvodů, kde alespoň první z krytých akustických obvodů je obvod typu Helmholtzova rezonátoru.

Lícová porézní vrstva je přitom tvořena mechanicky tuhou, tvrdou jednovrstvou či vícevrstvou porézní kostrou s póry ve formě vzduchových kanálků, kde vzniklé póry na sebe vzájemně navazují a vytvářejí vzduchové kanálky s proměnným průřezem, které procházejí skrze celou lícovou porézní vrstvu.

Je přitom výhodné, jestliže vzduchové kanálky s proměnným průřezem v lícové porézní vrstvě jsou propojeny navzájem.

Dále je výhodné, jestliže lícová porézní vrstva má velikost reálné složky akustické impedance, která, měřena při kolmém dopadu akustické vlny na plochu lícové strany lícové porézní vrstvy v rozsahu kmitočtů preferované maximální pohltivosti akustické konstrukce a vztažena k hodnotě vlnového odporu vzduchu, je rovna nebo v podstatě rovna hodnotě 1.

Distanční vzduchová mezera může být vytvořena pomocí distanční mřížky nebo technické tkaniny.

Je také možné, že distanční mřížka nebo technická tkanina v distanční vzduchové mezeře je při požadavku větší výšky distanční vzduchové mezery doplněna vymezovací podpůrnou konstrukcí, vytvářející podpůrnou mříž, nebo rastr podpěrných bodů pro zajištění minimalizace průhybu distanční mřížky nebo technické tkaniny.

Tvar distanční vzduchové mezery s výhodou odpovídá tvaru distanční mřížky nebo technické tkaniny.

Je však také možné, že distanční vzduchovou mezeru vytváří spolu s distanční mřížkou nebo technickou tkaninou i vrstva porézního materiálu s větší velikostí pórů než u porézního materiálu tvořícího základní lícovou porézní vrstvu, přičemž tato vrstva porézního materiálu s větší velikostí pórů je integrovanou součástí lícové porézní vrstvy.

Jedna z možných variant spočívá také v tom, že při lícové porézní vrstvě ve formě deskového obkladu je děrovaná deska integrovanou součástí deskového obkladu.

Jiná z možných variant spočívá v tom, že lícová porézní vrstva dosedá přímo na děrovanou desku bez užití distanční mřížky nebo technické tkaniny, jestliže lícová porézní vrstva je ve formě deskového obkladu nebo lícová porézní vrstva je opatřena přídavnou vrstvou porézního materiálu s větší velikostí zrn než má lícová porézní vrstva či s velikostí zrn, kde nejmenší rozměr zrna je větší než nejmenší rozměr čela průchozího otvoru v děrované desce.

Konečně, Helmholtzův rezonátor, který sestává z děrované desky a zadní vzduchové mezery může být doplněn přidavným tlumením, tvořeným vrstvou měkkého porézního materiálu.

Akustická rezonanční soustava podle tohoto technického řešení tedy využívá výhodných absorpčních vlastností pro zvuk konstrukcí pracujících na principu Helmholtzova rezonátoru, tj. především možnosti dosažení vysoké pohltivosti, konstrukčním řešením ovlivnit kmitočtovou šířku pásma maxima pohltivosti a zároveň možnost přeladitelnosti od nízkých po vysoké kmitočty, a dále technické řešení využívá akustických vlastností porézní vrstvy s tuhou tvrdou kostrou, jako akustické soustavy a zdroje akustické impedance a akustické hmotnosti, které se zde prezentují jako prvky s rozprostřenými parametry, a také dále jejich mechanických vlastností ke krytí akustických obvodů a s tím související úpravy vnějšího vzhledu celé akustické sestavy.

Podstatným znakem technického řešení je vytvoření soustavy akustických vázaných obvodů, složených z akustických prvků se soustředěnými a rozprostřenými parametry, která vznikne akustickým navázáním soustavy případně netlumeného rezonančního obvodu typu Helmholtzova rezonátoru, s výhodou netlumeného, na akustickou soustavu, tvořenou lícovou porézní vrstvou s tuhou tvrdou kostrou, přičemž obě soustavy jsou akusticky vázány prostřednictvím distanční vzduchové mezery, tedy přes akustickou poddajnost vzniklého objemu vzduchu.

Helmholtzův rezonátor je tvořen průchozím otvorem, nebo průchozími otvory v pevném deskovém materiálu tvořícím děrovanou desku, které se jeví jako akustická hmotnost, s doprovodným akustickým odporem, a pod průchozími otvory akusticky navazující distanční vzduchovou mezerou, působící jako akustická poddajnost. Akustický odpor vznikající v rezonančním otvoru rezonátoru, tj. ve zmíněném průchozím otvoru, způsobuje zpravidla mírné tlumení samostatné soustavy Helmholtzova rezonátoru.

Akustická soustava tvořená lícovou porézní vrstvou s tuhou tvrdou kostrou, která zároveň tvoří lícní stranu akustické soustavy a kryje další akustické obvody, je převážně zdrojem akustického odporu a akustické hmotnosti, která spolu s poddajností distanční vzduchové mezery vytváří druhý rezonanční obvod s působností v oblasti vysokých kmitočtů.

Podstatou technického řešení je také to, že hlavním zdrojem tlumení rezonančního obvodu Helmholtzova rezonátoru a rezonančního obvodu, tvořeného lícovou porézní vrstvou a distanční vzduchovou mezerou, je reálná složka akustické impedance lícové porézní vrstvy, jejíž hodnota ovlivňuje velikost činitele tlumení obou výše zmiňovaných rezonančních obvodů, a tím i kmitočtovou šířku pásma a maximální dosažitelnou hodnotu činitele pohltivosti celé akustické rezonanční soustavy.

Pro pásmo nízkých až středních kmitočtů je šířka pásma akustické pohltivosti soustavy a její maximální hodnota, dána nastavením geometrických, a tím i akustických parametrů obvodu Helmholtzova rezonátoru, tedy akustickou hmotností a odporem rezonančních otvorů, tj. průchozích otvorů, poddajností zadní vzduchové mezery, přidavnou akustickou hmotností lícové porézní vrstvy a velikostí reálné části impedance lícové porézní vrstvy, a také mírou akustické vazby mezi Helmholtzovým rezonátorem a lícovou porézní vrstvou, uvedenou níže.

V pásmu nízkých kmitočtů a nižších středních kmitočtů se uplatňuje akustická hmotnost lícové porézní vrstvy jako přidavná akustická hmotnost, která způsobuje významný pozitivní posun rezonančního kmitočtu Helmholtzova rezonátoru směrem k nízkým kmitočtům.

Postupným zvyšováním tlumení Helmholtzova rezonátoru se snižuje maximální hodnota dosahované pohltivosti a rozšiřuje se pásmo pohltivosti na nízkých a středních kmitočtech.

Výpočet akustických a geometrických parametrů konstrukce Helmholtzova rezonátoru se řídí dle v praxi obecně známých fyzikálních a matematických vztahů.

V pásmu vysokých kmitočtů je průběh hodnot akustické pohltivosti dán převážně nastavením akustických parametrů rezonančního obvodu tvořeného zejména akustickou hmotností a odporem lícové porézní vrstvy, a také poddajností objemu vzduchu distanční vzduchové mezery.

Hodnoty akustické pohltivosti jsou dále ovlivněny velikostí tloušťky lícové porézní vrstvy ve srovnání s délkou vlny uvažovaného kmitočtu a úhlem dopadu vlnění.

Podstatou akustické vazby mezi akustickým obvodem Helmholtzova rezonátoru a lícovou porézní vrstvou je distanční vzduchová mezera, vzniklá oddálením lícové porézní vrstvy od děrované desky Helmholtzova rezonátoru. Tato distanční vzduchová mezera má charakter akustické poddajnosti a část objemu vzduchu v této distanční vzduchové mezeře, nacházející se v blízkosti rezonančních otvorů, tj. průchozích otvorů, má charakter přídavné spolukmitající akustické hmotnosti, která doprovází akustickou hmotnost objemu vzduchu kmitajícího v otvoru Helmholtzova rezonátoru.

V základním nastavení je výška distanční vzduchové mezery nastavena tak, aby ve směru kolmém k ploše povrchu děrované desky byla její hodnota rovná nebo větší než maximální výška spolukmitajícího objemu vzduchu nad děrovanou deskou, přičemž objem spolukmitajícího vzduchu nad rezonančními otvory, tj. průchozími otvory, nezasahuje do objemu lícové porézní vrstvy a činitel tlumení Helmholtzova rezonátoru a rezonančního obvodu, tvořeného lícovou porézní vrstvou a distanční vzduchovou mezerou, je prakticky roven pouze velikosti reálné složky akustické impedance lícové porézní vrstvy, vztahené k hodnotě vlnového odporu vzduchu.

Součástí technického řešení je též možnost dalšího řízení velikosti tlumení Helmholtzova rezonátoru pomocí změny výšky distanční vzduchové mezery a to směrem pod minimální hodnotu výšky distanční vzduchové mezery v základním nastavení, uvedenou výše.

Podstatou změny tlumení je využití transformace akustické rychlosti v rezonančním otvoru, tj. průchozím otvoru, a jeho blízkém okolí vlivem zúžení prostoru ve směru pohybu akustické vlny. Snižování distanční vzduchové mezery způsobí průnik spolukmitajícího objemu vzduchu od rezonančního otvoru, tj. průchozího otvoru, do objemu porézního materiálu lícové porézní vrstvy a zvyšování akustické rychlosti v porézním materiálu přináší úměrné zvýšení akustického odporu a jeho následnou transformaci do obvodu Helmholtzova rezonátoru.

Změnu hodnoty tlumení Helmholtzova rezonátoru při zachování výšky distanční vzduchové mezery je možné zpětně dosahovat i změnou hodnoty koncové korekce průchozích otvorů Helmholtzova rezonátoru, dosažitelnou pomocí změny geometrie rezonančních otvorů, tj. průchozích otvorů, a to změnou jejich vzájemné rozteče, změnou plochy a tvaru jednotlivých průchozích otvorů a také změnou plochy jednotlivých průchozích otvorů ve směru jejich osy.

Předložené technické řešení umožňuje další ovlivnění kmitočtového pásma pohltivosti navrhované soustavy tím, že Helmholtzův rezonátor může být doplněn přídavným tlumením vytvořeným vrstvou měkkého porézního materiálu vloženého přes průchozí otvory děrované desky, nebo též před tyto průchozí otvory, a to zejména ze strany zadní vzduchové mezery nebo taktéž i ze strany distanční vzduchové mezery. Kmitočtové pásmo a hodnota pohltivosti soustavy může být dále ovlivněna doplněním obvodu Helmholtzova rezonátoru dalšími paralelními rezonančními soustavami, vloženými za tento rezonanční obvod ve směru dopadající zvukové vlny.

Podstatnou součástí technického řešení je, že lícová porézní vrstva z tvrdého materiálu představuje kromě důležitých akustických vlastností uvedených výše, také pohledové a mechanické krytí dalších akustických obvodů.

Technické řešení též umožňuje vytvoření lícové porézní vrstvy jako vícevrstvé kompaktní struktury, kde každá vrstva může mít odlišnou strukturu a funkci.

Podstatným znakem technického řešení je také to, že lícová porézní vrstva je vyrobena z kuliček, nebo z oblných zrn, nebo též z ostrohranných zrn, které jsou tříděny a spojeny pojivem nebo slitím tak, aby vznikla porézní struktura s pokud možno rovnoměrným rozdělením pórů jak co do velikosti, tak i co do prostorového rozmístění, přičemž složení a struktura lícové porézní vrstvy a také způsob spojení jednotlivých částic, ze kterých se vrstva nebo vrstvy skládají, jsou omezeny pouze požadovanými akustickými a mechanickými parametry lícové porézní vrstvy, a to:

1) složení a struktura lícové porézní vrstvy je tvořena mechanicky tuhou tvrdou porézní kostrou, vytvářející póry ve formě vzduchových kanálků tak, že vzniklé póry na sebe vzájemně navazují a vytvářejí vzduchové kanálky s proměnným průřezem, které procházejí skrze celou lícovou porézní vrstvu a mohou být propojeny navzájem,

- 5 2) velikost reálné složky akustické impedance celé lícové porézní vrstvy, měřené při kolmém dopadu akustické vlny na plochu lícové strany lícové porézní vrstvy v rozsahu kmitočtů preferované maximální pohltivosti akustické konstrukce, vztažené k hodnotě vlnového odporu vzduchu, je zpravidla rovná nebo se blíží k hodnotě jedna, aby činitel odrazu akustického tlaku při kolmém dopadu rovinné vlny na lícovou stranu lícové porézní vrstvy byl zpravidla roven nule nebo se  
10 blížil k hodnotě nula a byl tak zajištěn maximální průchod akustické energie ze vzduchu do lícové porézní vrstvy. Ve všech uvedených případech se může také jednat o duté kuličky či zrna.

Porozita, která je definována poměrem objemu vzduchu v pórech k celkovému objemu lícové porézní vrstvy, je určena složením a strukturou lícové porézní vrstvy, které jsou významně ovlivněny tvarem pojených zrn, počtem užitých tříděných frakcí zrn a jejich rozměrovou diferencí,  
15 případně též rozměrovým rozdílem velikosti zrn v jedné frakci, a dále hodnota porozity lícové porézní vrstvy může být ovlivněna množstvím použitého pojiva.

Výsledná velikost akustického odporu lícové porézní vrstvy, je obecně závislá na velikosti porozity lícové porézní vrstvy, na velikosti vnitřní plochy kostry lícové porézní vrstvy, rostoucí zejména se zmenšováním velikosti zrn, na tvaru pórů, dále na celkové tloušťce lícové porézní  
20 vrstvy, případně tloušťce jednotlivých vrstev, má-li lícová porézní vrstva více vrstev, a dále na drsnosti povrchu pojiva, případně i na drsnosti vnitřní plochy kostry lícové porézní vrstvy.

Velikost akustické hmotnosti v lícové porézní vrstvě je závislá na objemu a tvaru pórů.

Podstatným znakem technického řešení je též, že distanční vzduchová mezera je vytvořena pomocí distanční mřížky nebo technické tkaniny, která může být při požadavku větší výšky distanční vzduchové mezery doplněna vymežovací podpůrnou konstrukcí, vytvářející podpůrnou  
25 mříž nebo rastr podpěrných bodů, zajišťující minimalizaci průhybu distanční mřížky nebo technické tkaniny. Podstatnými vlastnostmi vymežovací, podpůrné konstrukce a distanční mřížky je pevnost, zvláště v tlaku a ohybu, dostatečná hustota mřížky nebo technické tkaniny, aby zadržela zejména nejmenší částice lícové porézní vrstvy proti propadu, a dále zachování dostatečné zvukopropustnosti celé vymežovací konstrukce ve směru kolmém na distanční mřížku, a také alespoň ve dvou příčných směrech podél děrované desky. Z tohoto důvodu volná plocha vymežovací a podpůrné konstrukce, daná poměrem plochy průchozích průchodů ku ploše pevného materiálu této konstrukce v daném směru je minimálně 35 %, aby byla zajištěna dostatečná zvukopropustnost v uvedených směrech a nedošlo k výraznému zvýšení celkového akustického odporu soustavy a konstrukce byla materiálově odlehčena.  
35

Součástí technického řešení je také to, že distanční vzduchová mezera může být tvořena pouze tloušťkou distanční mřížky nebo technické tkaniny bez podpůrné vymežovací konstrukce nebo též distanční vzduchová mezera může být vytvořena distanční mřížkou nebo technickou tkaninou tvarovanou prolisy, zvláště v místech rezonančních otvorů, tj. průchozích otvorů, přičemž  
40 hloubka prolisu odpovídá výšce distanční vzduchové mezery. Pro tato provedení platí dodržení stejných požadavků na pevnost, hustotu mřížky nebo tkaniny a zvukopropustnost jako u výše uvedené distanční mřížky nebo tkaniny s podpůrnou konstrukcí.

V řešené akustické soustavě je možné použít podpůrnou vymežovací konstrukci plnou, bez otvorů, ale pouze v geometrickém rastru stejných rozměrů, jaký tvoří vzájemná rozteč průchozích otvorů, ale s tím, že poloha rastru podpůrné konstrukce je vůči pomyslnému rastru tvořenému průchozími otvory posunuta o polovinu vzájemné rozteče mezi sousedními průchozími otvory. Tím je prostor distanční vzduchové mezery prostorově rozdělen na buňky a každému průchozímu otvoru přísluší jedna buňka. Technické řešení též nabízí možnost, že jedno pole vzniklé mříže může obsahovat i více výše definovaných buněk a průchozích otvorů.  
45

Tloušťka materiálu vymezovací podpůrné konstrukce by neměla být větší než průměr příslušného průchozího otvoru děrované desky, nebo šířka štěrbinu při užití štěrbinového otvoru, a je úměrná velikosti výšky distanční vzduchové mezery.

- 5 Součástí technického řešení je též to, že jako distanční vzduchovou mezeru lze spolu s distanční mřížkou nebo technickou tkaninou použít i vrstvu porézního materiálu s větší velikostí pórů a úměrně menším akustickým odporem, než u porézního materiálu tvořícího základní lícovou porézní vrstvu, přičemž distanční mřížka nebo technická tkanina je pevným spojem uchycena na děrovanou desku a distanční porézní vrstva je nanášena na její povrch.

- 10 Mezi znaky technického řešení patří také to, že lícová porézní vrstva může ležet přímo na děrované desce, a to zvláště při užití lícové porézní vrstvy ve formě deskového obkladu a zároveň pro děrování spíše s malou roztečí průchozích otvorů, nebo též pro děrování spíše s malou plochou průchozích otvorů spolu s užitím vrstvy porézního materiálu s větší velikostí zrn než u porézního materiálu tvořícího základní lícovou porézní vrstvu, a také s velikostí zrn, kde nejmenší rozměr zrna je větší než nejmenší rozměr čela průchozího otvoru.

- 15 Součástí technického řešení je také to, že při použití lícové porézní vrstvy ve formě deskového obkladu může děrovaná deska být integrovanou součástí deskového obkladu.

- 20 Představené technické řešení dovoluje s výhodou využít kazetování vzduchového polštáře Helmholtzova rezonátoru, čímž se zvýší hodnota pohltivosti směrem k nízkým kmitočtům, a také možnost, do konstrukce akustického obložení zakomponovat samostatné nízkofrekvenční rezonátory se samostatným vzduchovým polštářem a střídát pod jedním povrchem různě naladěné soustavy, což v konečném důsledku může přinést další zvýšení absorpčních schopností celé soustavy jako celku. Další možnosti, které technické řešení nabízí, je též užití akusticky zaslepených ploch pro zajištění místní zvýšené akustické odrazivosti povrchu při zachování vzhledu povrchu akusticky pohltivé a odrazné části stavební konstrukce.

#### 25 Přehled obrázků na výkresech

Technické řešení bude blíže osvětleno na příkladných provedeních uvedených na přiložených obrázcích, kde:

- 30 obr. 1 je podélný řez prvním příkladným provedením akustické rezonanční soustavy,  
 obr. 2 je podélný řez druhým příkladným provedením akustické rezonanční soustavy,  
 obr. 3 je detail průřezu porézní vrstvy třetího příkladného provedení akustické rezonanční soustavy, a  
 obr. 4 je podélný řez čtvrtým příkladným provedením akustické rezonanční soustavy.

#### Příklady provedení

- 35 Na obr. 1 je zobrazeno první příkladné provedení akustické soustavy v podélném řezu, ve kterém je patrná lícová porézní vrstva 1, distanční vzduchová mezera 2 s vloženou distanční mřížkou ve formě technické tkaniny a děrovaná deska 3 z tvrdého deskového materiálu, která je děrována průchozími otvory 4 procházejícími skrze celou tloušťku děrované desky 3. Za děrovanou deskou 3 následuje zadní vzduchová mezera 5, vytvořená pomocí vymezovací nosné konstrukce 7, která je upevněna k akusticky upravované stavební konstrukci 6. Děrovaná deska 3 je pevným spojem přichycena k vymezovací nosné konstrukci 7. Na lícovou stranu děrované desky 3 je pevně přichycena distanční mřížka tvořená technickou tkaninou, která vytváří distanční vzduchovou mezeru 2 a na technickou tkaninu je poté nanášena lícová porézní vrstva 1. Zajištění pevného spojení lícové porézní vrstvy 1 s děrovanou deskou 3 může být dále provedeno pomocí kotvicích prvků 8, které jsou do lícové porézní vrstvy 1 zapuštěny a mohou být zakryty.

- 45 Lícová porézní vrstva 1 je vytvořena nanášením směsi plných tříděných skleněných kuliček s mezními rozměry frakce 0,8 až 1,0 mm a epoxidového lepidla v poměru 0,032 kg lepidla na 1 kg skleněných kuliček. Střední aritmetická hodnota průměru kuliček je 0,85 mm. Tloušťka lícové

porézní vrstvy 1 je 10,1 mm s tolerancí  $\pm 0,25$  mm. Akustický odpor lícové porézní vrstvy 1 je podle dosažené míry uspořádanosti vnitřní struktury této lícové porézní vrstvy 1 roven vlnovému odporu vzduchu v toleranci  $\pm 20$  % za podmínek měření uvedených výše. Toto řešení struktury a provedení lícové porézní vrstvy 1 je pouze jedno příkladné provedení z mnoha možných. Směs  
5 může být dále použita i na vytvoření lícové porézní vrstvy 1 ve formě desek uvedených níže.

Distanční vzduchová mezera 2 je vytvořena pomocí technické tkaniny provedené hladkou vazbou s velikostí ok 0,800 mm o síle drátu 0,5 mm. Materiál drátu je nerezavějící kov nebo plast. Technická tkanina je uchycena k děrované desce 3 neznázorněným spojovacím materiálem.

Děrovaná deska 3 je děrována v řadách uspořádanými průchozími otvory 4 s kruhovým průřezem o průměru 10 mm, s roztečí 42,5 mm, ve čtvercovém rastru. Výška volně kmitajícího vzduchového sloupce nad průchozím otvorem 4 má potom hodnotu 3 mm a při vymezení distanční vzduchové mezery 2 výše uvedenou technickou tkaninou se akustickou transformací celková hodnota tlumení Helmholtzova rezonátoru zvýší 2,2krát nad hodnotu vlnového odporu vzduchu. Při kolmém dopadu vlnění na lícovou porézní vrstvu 1 a při tloušťce děrované desky 3 5 mm je navýšení akustické hmotnosti průchozích otvorů 4 Helmholtzova rezonátoru vlivem přídavné akustické hmotnosti lícové porézní vrstvy 1 asi 30 %.  
15

Na obr. 1 je kromě toho znázorněna vrstva 11 měkkého porézního materiálu a vrstva 12 porézního materiálu s větší velikostí pórů, které budou popsány později.

Na obr. 2 je zobrazeno druhé příkladné provedení akustické rezonanční soustavy podle technického řešení v podélném řezu, kde lícová porézní vrstva 1 je vytvořena ve formě obkladových desek, které jsou lepeným spojem přichyceny na plochu děrované desky 3, děrované průchozími otvory 4, a pevným spojem přichyceny k vymezovací nosné konstrukci 7, jejíž pomocí je plocha děrované desky 3 předsazena před akusticky upravovanou stavební konstrukci 6, se vznikem zadní vzduchové mezery 5. Distanční vzduchová mezera 2 je vytvořena reliéfním provedením rubové strany lícové porézní vrstvy 1 a její výška je dána zvětšením tloušťky okraje této lícové porézní vrstvy 1, přičemž tloušťka vlastní aktivní části lícové porézní vrstvy 1 má předepsaný rozměr. Průchozí otvory 4 jsou umístěny v rastru nebo ve shlcích tak, aby se vždy nacházely pod aktivní částí lícové porézní vrstvy 1, a to i v případě, že aktivní část lícové porézní vrstvy 1 je dále rozdělena na sekce rastrem se zvětšenou tloušťkou lícové porézní vrstvy 1 podobně jako na jejich okrajích. Aktivní část lícové porézní vrstvy 1 vždy splňuje výše uvedené akustické parametry.  
20  
25  
30

Na obr. 3 je uveden detail podélného řezu třetího příkladného provedení lícové porézní vrstvy 1, kde do lícové porézní vrstvy 1 s výše uvedenými akustickými parametry, je proveden prolis, představující v tomto případě distanční vzduchovou mezera 2 a zvětšující objem vzduchu nad průchozím otvorem 4, přičemž hloubka prolisu udává výšku distanční vzduchové mezery 2 nad plochou děrované desky 3 a plošné rozměry prolisu jsou větší než rozměry průchozího otvoru 4. Výhodou tohoto řešení je změna výšky distanční vzduchové mezery 2 při zachování celkové tloušťky obkladu. Řešení je vhodné pro děrování děrované desky 3 spíše s malou roztečí průchozích otvorů 4.  
35

Na obr. 4 je formou podélného řezu znázorněno čtvrté příkladné provedení technického řešení v akustické soustavě užitě k vytváření tvárnicevých bloků. Základem bloku je dutá tvárnice 9 bez čelní strany, do které je zasunuta děrovaná deska 3 doléhající na doraz 10 na vnitřní straně duté tvárnice 9. Za děrovanou deskou 3 s průchozími otvory 4 se vytvoří zadní vzduchová mezera 5. Lícová porézní vrstva 1, provedená ve formě desky, je nasunuta před děrovanou deskou 3 a tvoří čelo tvárnicevého bloku. Distanční mezera 2 je vytvořena vymezovací podložkou 2a, vloženou mezi děrovanou deskou 3 a lícovou porézní deskou 1. Upevnění lícové porézní desky 1 může být provedeno kotvicími prvky 8. Toto provedení akustické rezonanční soustavy rozšiřuje pásmo pohltivosti rezonátoru Helmholtzova typu směrem k nízkým kmitočtům a je vhodné zejména pro širokopásmové pohlcování hluku. Provedení neobsahuje žádné vláknité materiály ani otevřené štěrby a je proto zejména vhodné pro použití v exteriéru.  
40  
45  
50

Příklady provedení podle navrhovaného technického řešení, zobrazené na výkresech, představují jen některé z možných provedení a některé z možných kombinací typů, tvarů a modifikací provedení jednotlivých prvků akustické rezonanční soustavy.

- 5 Každé z příkladných provedení může obsahovat lícovou porézní vrstvu 1 jako vícevrstvou strukturu, kde např. může být užita tenká porézní krycí vrstva s jinou strukturou a složením k vytvoření pohledové strany lícové porézní vrstvy 1 a její akustické vlastnosti je nutné též zohlednit, stejně jako akustické vlastnosti dalších případných vrstev. Povrch lícové porézní vrstvy 1 je rovný nebo reliéfní dle potřeby, musí však splňovat výše uvedená kritéria pro lícovou porézní vrstvu 1.
- 10 Součástí technického řešení je též to, že jako distanční vzduchovou mezeru 2 lze spolu s distanční mřížkou nebo technickou tkaninou použít i vrstvu 12 porézního materiálu s větší velikostí pórů a úměrně menším akustickým odporem, než u porézního materiálu tvořícího základní lícovou porézní vrstvu 1, přičemž distanční mřížka nebo technická tkanina je pevným spojem uchycena na děrovanou desku 3 a distanční porézní vrstva 12 je nanesena na její povrch.
- 15 Konečně, další ovlivnění kmitočtového pásma pohltivosti navrhované soustavy je umožněno tím, že Helmholtzův rezonátor může být doplněn přídavným tlumením vytvořeným vrstvou 11 měkkého porézního materiálu vloženého přes průchozí otvory 4 děrované desky 3, nebo též před tyto průchozí otvory 4, a to zejména ze strany zadní vzduchové mezery 5 nebo taktéž i ze strany distanční vzduchové mezery 2. Kmitočtové pásmo a hodnota pohltivosti soustavy může být dále
- 20 ovlivněna doplněním obvodu Helmholtzova rezonátoru dalšími paralelními rezonančními soustavami, vloženými za tento rezonanční obvod ve směru dopadající zvukové vlny.

## N Á R O K Y   N A   O C H R A N U

- 25 **1.** Akustická rezonanční soustava pro pohlcování zvuku s kmitočtově širokopásmovým i pásmovým pohlcováním zvuku na nízkých, středních i vysokých kmitočtech, obsahující akusticky vázané obvody složené z akustických prvků se soustředěnými a rozprostřenými parametry, **vyznačující se tím**, že je tvořena soustavou rezonančního obvodu typu Helmholtzova rezonátoru, složenou z děrované desky (3) s průchozími otvory (4) a zadní vzduchové mezery (5), akusticky navázanou na akustickou soustavu tvořenou lícovou porézní vrstvou (1) s tuhou tvrdou kostrou, přičemž obě soustavy jsou akusticky vázány prostřednictvím distanční vzduchové mezery (2).
- 30 **2.** Akustická rezonanční soustava podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že lícová porézní vrstva (1) tvoří také pohledové a mechanické krytí dalších akustických obvodů, kde alespoň první z krytých akustických obvodů je obvod typu Helmholtzova rezonátoru.
- 35 **3.** Akustická rezonanční soustava podle nároků 1 a 2, **vyznačující se tím**, že lícová porézní vrstva (1) je tvořena mechanicky tuhou, tvrdou jednovrstvou či vícevrstvou porézní kostrou s póry ve formě vzduchových kanálků, kde vzniklé póry na sebe vzájemně navazují a vytvářejí vzduchové kanálky s proměnným průřezem, které procházejí skrze celou lícovou porézní vrstvu (1).
- 40 **4.** Akustická rezonanční soustava podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že vzduchové kanálky s proměnným průřezem v lícové vrstvě (1) jsou propojeny navzájem.
- 5.** Akustická rezonanční soustava podle nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že lícová porézní vrstva (1) má velikost reálné složky akustické impedance, která, měřena při kolmém dopadu akustické vlny na plochu lícové strany lícové porézní vrstvy (1) v rozsahu kmitočtů

preferované maximální pohltivosti akustické konstrukce a vztažena k hodnotě vlnového odporu vzduchu, je rovna nebo v podstatě rovna hodnotě 1.

6. Akustická rezonanční soustava podle nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že distanční vzduchová mezera (2) je vytvořena pomocí distanční mřížky nebo technické tkaniny.

5 7. Akustická rezonanční soustava podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že distanční mřížka nebo technická tkanina v distanční vzduchové mezeře (2) je při požadavku větší výšky distanční vzduchové mezery (2) doplněna vymezení podpůrnou konstrukcí, vytvářející podpůrnou mříž, nebo rastr podpěrných bodů pro zajištění minimalizace průhybu distanční mřížky nebo technické tkaniny.

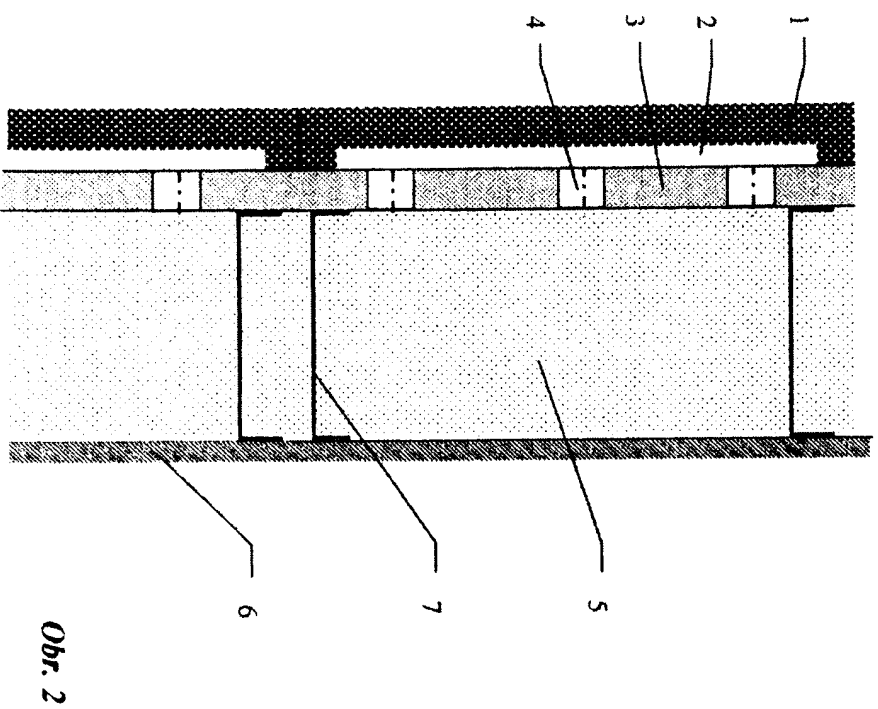
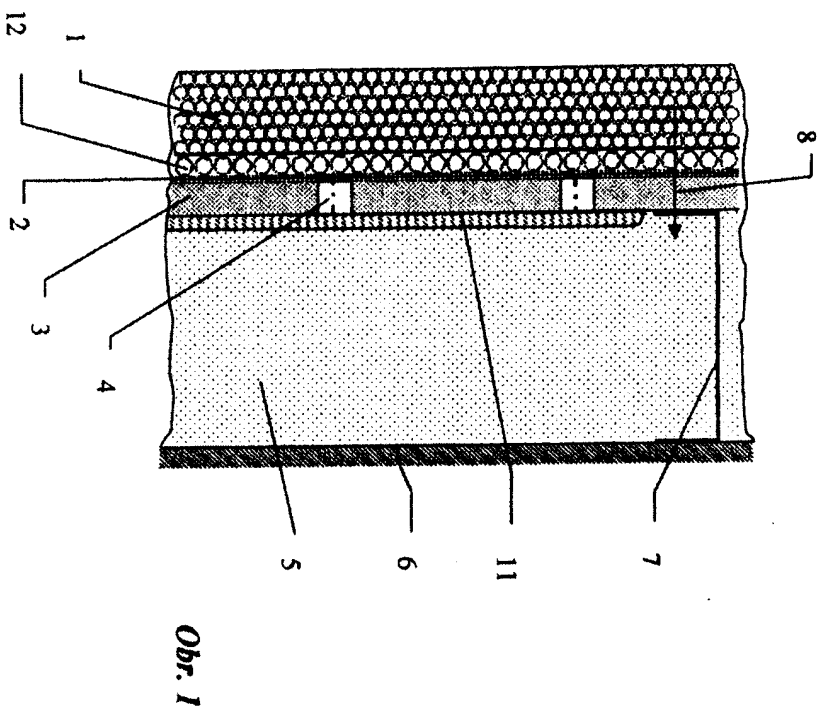
10 8. Akustická rezonanční soustava podle nároků 1 až 7, **vyznačující se tím**, že tvar distanční vzduchové mezery (2) odpovídá tvaru distanční mřížky nebo technické tkaniny.

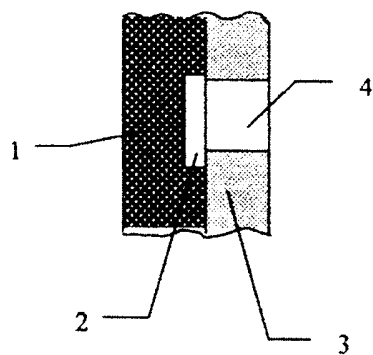
9. Akustická rezonanční soustava podle nároků 1 až 8, **vyznačující se tím**, že distanční vzduchovou mezeru (2) vytváří spolu s distanční mřížkou nebo technickou tkaninou i vrstva (12) porézního materiálu s větší velikostí pórů než u porézního materiálu tvořícího základní lícovou porézní vrstvu (1), přičemž tato vrstva (12) porézního materiálu s větší velikostí pórů je integrovanou součástí lícové porézní vrstvy (1).

10. Akustická rezonanční soustava podle nároků 1 až 9, **vyznačující se tím**, že při lícové porézní vrstvě (1) ve formě deskového obkladu je děrovaná deska (3) integrovanou součástí deskového obkladu.

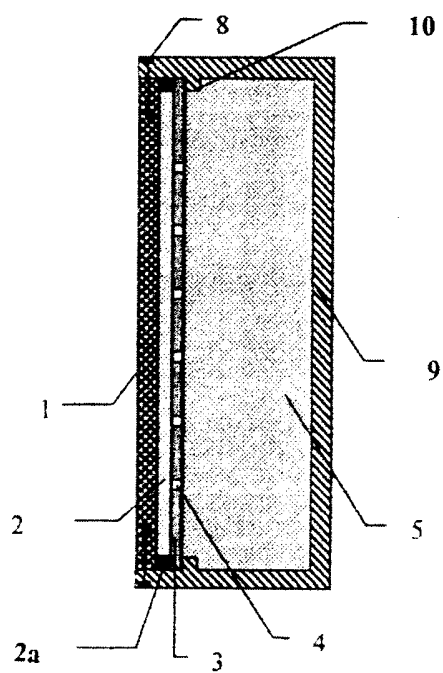
20 11. Akustická rezonanční soustava podle nároků 1 až 10, **vyznačující se tím**, že lícová porézní vrstva (1) dosedá přímo na děrovanou desku (3) bez užití distanční mřížky nebo technické tkaniny, jestliže lícová porézní vrstva (1) je ve formě deskového obkladu nebo lícová porézní vrstva (1) je opatřena přídatnou vrstvou (12) porézního materiálu s větší velikostí zrn než má lícová porézní vrstva (1) či s velikostí zrn, kde nejmenší rozměr zrna je větší než nejmenší rozměr čela průchozího otvoru (4) v děrované desce (3).

25 12. Akustická rezonanční soustava podle nároků 1 až 11, **vyznačující se tím**, že Helmholtzův rezonátor, který sestává z děrované desky (3) a zadní vzduchové mezery (5) je doplněn přídatným tlumením, tvořeným vrstvou (11) měkkého porézního materiálu.





*Obr. 3*



*Obr. 4*

Konec dokumentu