

مدلسازی جذب صوت پارچه های حلقوی پودی

چکیده

در سال‌های اخیر کاربرد منسوجات به عنوان عایق‌های صوتی به واسطه دو مزیت مهم هزینه پایین تولید و چگالی نسبی پایین آنها نسبت به سایر عایق‌ها بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. دو خصوصیت ذکر شده در برخی صنایع مانند صنعت اتومبیل‌سازی و هواپیمایی بسیار مورد اهمیت می‌باشد. تاکنون در بین منسوجات، بی‌بافتها به عنوان عایق‌های صوتی بیشترین کاربرد را داشته‌اند. اما امروزه به نظر می‌رسد به دلیل ظاهر مناسب و افت بهتر و هزینه کم تولید پارچه‌های حلقوی پودی نسبت به بی‌بافتها، این محصولات می‌تواند جایگزین مناسبی در عایق‌های صوتی باشند. در این تحقیق، با تلفیق دو مدل تئوری ارائه شده برای منسوجات بی‌بافت و پارچه‌های حلقوی پودی ساده، مدلی مناسب برای تعیین متوسط ضریب جذب صوت در پارچه‌های حلقوی پودی با ساختار پیچیده بدست آمده است و در نهایت صحت رابطه بدست آمده توسط مقایسه بین نتایج تئوری و تجربی به اثبات رسیده است.

قهرمانی

مقدمه

یکی از پیامدهای گسترش علوم و تکنولوژی و به دنبال آن ساخت ماشین‌آلات با کارایی و سرعت بیشتر، ایجاد انواع صداهای نامطلوب و آزاردهنده می‌باشد. این موضوع سبب شد که تلاش‌های قابل توجهی در جهت کاهش و به حداقل رساندن این صداهای ناهنجار صورت گیرد. در این راه از مواد و ترکیبات زیادی استفاده شد که سبب جذب و یا انعکاس امواج صوتی از روی سطح شده و در نتیجه انتقال صوت را کاهش می‌دهند. در بین منسوجات کاهش، کاربرد بی‌بافتها به عنوان عایق‌های صوتی مورد مطالعه و توجه زیادی به آن بخصوص در بخش‌هایی مانند کاهش صوت داخل اتومبیل و نیز استفاده از آن در جداره‌های داخلی هواپیما، قرار گرفته است. مطالعات پیشین صورت گرفته در مورد جذب صوت بی‌بافتها، نشان داده که ضریب جذب صوت (NAC) این محصولات در محدوده فرکانس‌های بالا ($f > 2000$ Hz) قابل مقایسه با الیاف شیشه و پشم سنگ است.

در مطالعات اخیر به دلیل شکل ظاهری بهتر و افت مناسب‌تر پارچه‌های حلقوی پودی نسبت

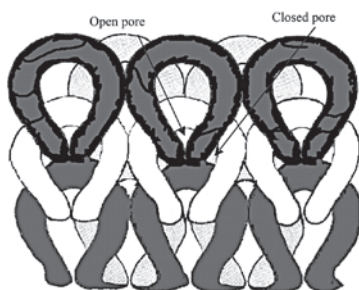
به بی‌بافتها و نیز با توجه به اینکه این نوع پارچه‌ها را به صورت بدون درز نیز می‌توان تولید کرد، لذا در حال حاضر تحقیقات بیشتری در جهت بکارگیری این محصولات به عنوان عایق‌های صوتی در حال انجام است. بدیهی است که با تغییر ساختار هندسی پارچه‌های حلقوی ظاهر پارچه و همچنین خصوصیات ذاتی آن مانند تخلخل، ضخامت، وزن در واحد سطح و غیره که بسیار تاثیرگذار در میزان جذب صوت لایه می‌باشد تغییر خواهد کرد.

در مورد پارچه‌های حلقوی ساده تحقیقات نشان داده است که پارچه‌های ضخیم‌تر و متراکم‌تر از جذب صوت بالاتری برخوردار می‌باشند.

ساختار نمونه های تولید شده

از آنجایی که حجم زیادی از پارچه‌های حلقوی مصرفی دارای ساختار ریب می‌باشند در این تحقیق سعی شده است مقدار جذب صوت این نوع از پارچه‌ها مورد ارزیابی قرار گیرد. منافذ موجود در این محصولات را می‌توان به دو صورت منافذ باز و منافذ بسته در نظر گرفت که به طور

حتم رفتار کاملاً متفاوتی در مواجه با امواج صوتی نشان خواهند داد.



شکل شماره ۱: ساختار ریب با منافذ باز و بسته

در این راستا دو گروه پارچه بر پایه ریب و با ساختارهای مختلف و در نتیجه شکل ظاهری متفاوت که دارای کاربرد گسترده‌ای در بین پارچه‌های حلقوی می‌باشند تولید گردیده و سپس مقدار جذب صوت آنها با تعیین ضریب جذب صوت نمونه (NAC) توسط دستگاه impedance tube بدست آمده است. گروه اول شامل ۷ نمونه با ساختار ریب و تعداد متفاوتی از حلقه‌های بافت و نبافت مطابق با شکل ۲ می‌باشد.



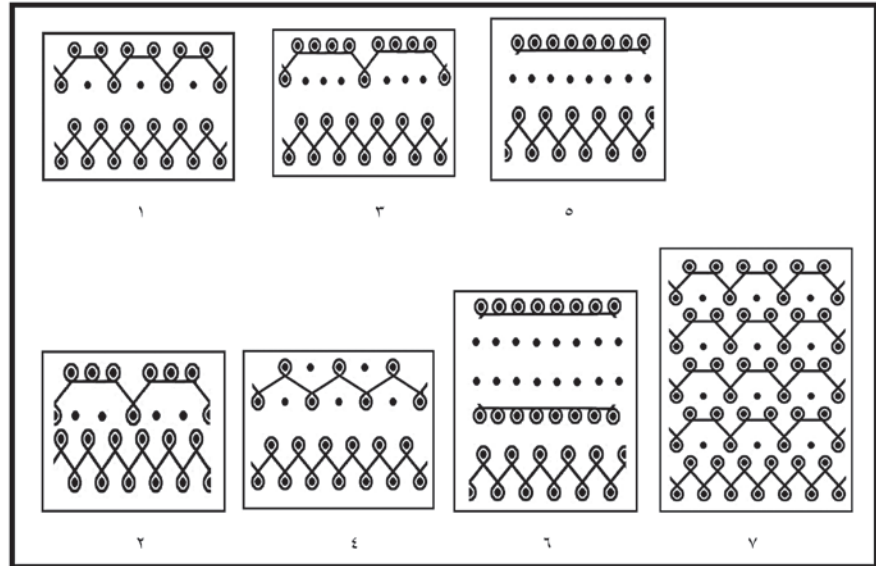
$$NAC = 1 - R^2 = 1 - \left(\frac{SWR - 1}{SWR + 1} \right)^2 \quad (2)$$

SWR: نسبت موج ایستایی (standing wave ratio)
Pmax و Pmin: به ترتیب فشار بیشینه (در نقطه شکم) و فشار کمینه (در نقطه گره) در سطح دسی بل می باشند.

از هر نمونه پارچه ۳ بار اندازه گیری ضریب جذب صوت نمونه مطابق با استاندارد ASTM ۳۸۴-۹۵ در نقاط مختلف نمونه صورت گرفته و میانگین اعداد بدست آمده به ثبت رسیده است. این اندازه گیری ها در رنج فرکانسی که گوش قادر به درک آن می باشد (۵۰۰-۵۰۰۰ Hz) صورت گرفته است. نتایج حاصله در جداول شماره ۱ و ۲ نشان داده شده است.

نمودارهای بدست آمده از جداول بالا و نتایج آماری بدست آمده در هر دسته از نمونه ها برای بررسی معنادار بودن و یا نبودن اثر تغییر در ساختار پارچه (بین نمونه ها) و فرکانس بر روی مقدار ضریب جذب صوت نمونه ها در جداول ۳-۶ نشان داده شده است:

نتایج بدست آمده از دسته بندی آزمون دانکن در هر دسته از نمونه ها نشان می دهد که اثر تغییر ساختار روی ضریب جذب صوت نمونه پارچه های بافته شده در سطح اطمینان ۵ درصد، معنادار می باشد و با افزایش میزان فرکانس، ضریب جذب به صورت معنادار افزایش میابد که در نمودارهای رسم شده نیز به وضوح قابل مشاهده است. البته در فرکانس های کمتر از ۳۰۰۰ Hz این تغییرات بسیار جزئی بوده و با تغییر در ساختار نمونه ها تفاوت قابل ملاحظه ای بین نمونه ها در این محدوده فرکانس مشاهده نمی شود. مورد دیگری که در نمودارهای رسم شده به وضوح مشاهده می شود، تغییرات ضریب جذب نمونه ها نسبت به هم در فرکانس های مختلف می باشد. بنابراین برای مقایسه بین ضریب جذب نمونه ها نمی توان از طریق مقایسه بین ضرایب جذب نمونه ها در یک فرکانس مشخص، قانونی کلی برای تمامی فرکانس ها در نظر گرفت. بنابراین متوسط ضریب جذب صوت هر نمونه، از طریق انتگرال گیری از سطح زیر منحنی (ضریب جذب بر حسب فرکانس) در رنج فرکانسی مورد نظر بدست آمد. از طریق نتایج بدست آمده می توان در هر دسته از نمونه ها، آنها را بر اساس بیشترین میزان متوسط ضریب جذب صوت تا کمترین مقدار، مرتب کرد. نتایج حاصله در جدول ۷ نشان



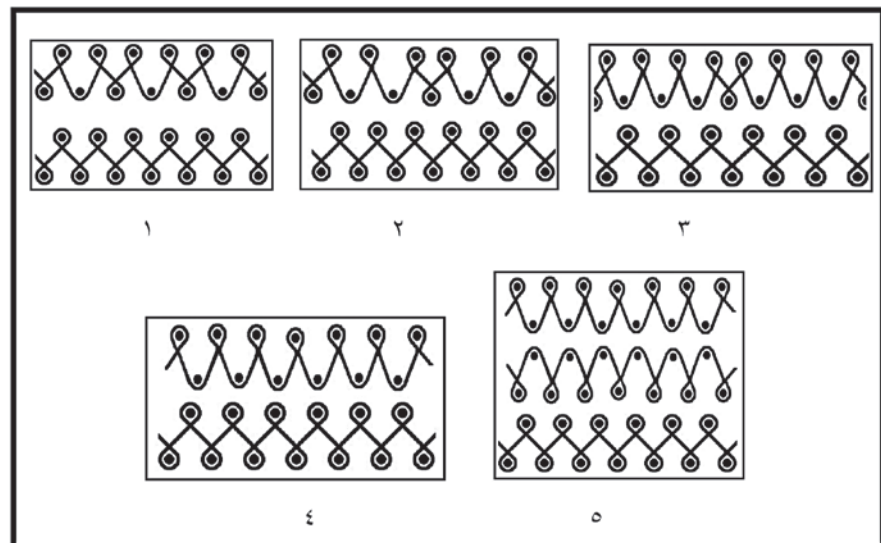
شکل شماره ۲: ساختار ریب با تعداد متفاوتی از حلقه های بافت و نبافت

تعیین جذب صوت نمونه ها

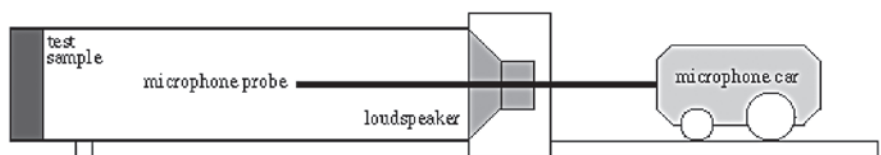
مقدار ضریب جذب صوت نمونه (NAC) نمونه ها توسط لوله امپدانس Bruel & Kjeaar و روابط زیر محاسبه گردیده است:

$$SWR = \frac{P_{max}}{P_{min}} \quad (1)$$

گروه دوم شامل ۵ نمونه با ساختار ریب و تعداد متفاوتی از حلقه های بافت و نیم بافت مطابق با شکل ۳ می باشد. سایر پارامترها مانند نوع نخ مصرفی (اکریلیک ۲۴/۲ Nm)، دستگاه بافندگی (مدل Coppo با گيج ۸) و شرایط محیطی در مورد هر دو گروه یکسان می باشد.



شکل شماره ۳: ساختار ریب با تعداد متفاوتی از حلقه های بافت و نیم بافت



شکل شماره ۴: ساختار لوله امپدانس Brüel and Kjeaar



$$-\frac{\partial P_f(x,t)}{\partial t} + \frac{v_f}{v_a} \frac{\partial P_a(x,t)}{\partial t} = K_f \frac{\partial u_f(x,t)}{\partial x} \quad (6)$$

$$-\frac{\partial P_a(x,t)}{\partial t} = v_a K_a \frac{\partial u_a(x,t)}{\partial x} + (K_a - P_0) v_f \frac{\partial u_f(x,t)}{\partial x} \quad (7)$$

K: مدول بالک

با در نظر گرفتن شرایط مرزی و جایگزینی معادلات موج در روابط بالا و انجام یکسری

در فاز جامد (ارتعاش ذرات) و ترم بعدی در سمت راست معادله بیانگر نیروی اعمال شده توسط فاز هوا (هوای موجود در ماده متخلخل) بر واحد حجم ماده متخلخل (فاز جامد) می‌باشد و معادله بقای جرم برای فاز جامد (لیف) و سیال (هوا) به صورت معادلات ۶ و ۷ بیان می‌شود:

داده شده است. با مقایسه اعداد حاصله مشخص می‌شود که ارتباط مستقیمی بین تعداد حلقه های بافت و نفاخت و نیز بافت و نیم بافت و مقدار ضریب جذب صوت آنها وجود ندارد.

مدل سازی تئوری جذب صوت

تعیین ضریب جذب صوت مواد متخلخل

مطابق با کار انجام شده توسط Zwicker & Kosten تعداد بیشماری مدل مشابه در این راستا ارائه گردیده است. یکی از مدل‌های ارائه شده توسط محققى به نام Dent در بررسی نحوه انتقال صوت در عبور از محصولات بی بافت به عنوان یک ماده متخلخل می باشد که محیط مورد مطالعه را به صورت دو فاز ترکیبی از لیف و هوا در نظر گرفته است. معادله بقای ممتنم برای این دو فاز به صورت معادلات ۳ و ۴ خواهد بود (با نادیده گرفتن نیروهای ویسکوزی): (با فرض ثابت در نظر گرفتن مقدار (v_a / v_f) در فاز جامد (الیاف):

$$-\frac{\partial P_f(x,t)}{\partial x} = \rho_f \frac{\partial u_f(x,t)}{\partial t} - \phi(u_a(x,t) - u_f(x,t)) \quad (3)$$

و در فاز سیال (هوا):

$$-\frac{\partial P_a(x,t)}{\partial x} = \rho_a \frac{\partial u_a(x,t)}{\partial t} + \phi(u_a(x,t) - u_f(x,t)) \quad (4)$$

ρ_a و ρ_f : چگالی های هوا و لیف بر واحد حجم لایه لیاف
 u : سرعت
 P_a و P_f : چگالی های هوا و مواد پلیمری
 P : فشار

v_a و v_f : کسر حجمی هوا و لیف

ϕ : ضریب دراگ (نیروی وارد بر واحد حجم در اثر تفاوت بین سرعت در فازهای جامد و سیال (هوا) به صورت معادله ۵ تعریف می‌شود:

$$\phi = i \omega \rho_a (m - 1) + v_a^2 \sigma \quad (5)$$

ω : فرکانس زاویه ای
 m : ثابت ساختاری
 σ : ثابت مقاومت

ترم سمت چپ معادله (۳)، بیانگر میزان نیروی اعمال شده بر واحد سطح فاز جامد (ماده متخلخل) در راستای انتشار صوت بوده و اولین ترم سمت راست معادله بیانگر نیروی واکنش جرم

جدول شماره ۱: ضرایب جذب صوت در نمونه پارچه های بافته شده با ساختارهایی از ترکیب بافت و نفاخت

Frequency(HZ)							Fabric type
۵۰۰	۴۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۵۰	
۰.۵۲۳۹	۰.۲۹۱۳	۰.۰۶۵۳	۰.۰۵۱۲	۰.۰۳۹۲	۰.۰۲۶۱	۰.۰۶۰۶	۱
۰.۴۸۰۸	۰.۳۶۷۰	۰.۰۶۸۹	۰.۰۵۲۹	۰.۰۴۲۱	۰.۰۳۶۱	۰.۰۳۸۹	۲
۰.۴۵۴۵	۰.۳۶۸۸	۰.۰۶۲۷	۰.۰۵۲۳	۰.۰۴۱۱	۰.۰۲۵۸	۰.۰۷۱۴	۳
۰.۵۵۶۱	۰.۳۶۴۳	۰.۰۷۷۳	۰.۰۵۸۹	۰.۰۴۴۲	۰.۰۳۷۹	۰.۰۶۹۷	۴
۰.۴۹۵۵	۰.۴۱۵۶	۰.۰۷۲۴	۰.۰۵۴۳	۰.۰۴۲۵	۰.۰۲۸۰	۰.۰۳۷۶	۵
۰.۴۹۹۷	۰.۳۷۳۲	۰.۰۵۸۷	۰.۰۵۲۱	۰.۰۴۲۸	۰.۰۳۳۲	۰.۰۳۹۳	۶
۰.۵۸۰۹	۰.۲۷۵۵	۰.۰۷۳۸	۰.۰۵۳۲	۰.۰۴۳۳	۰.۰۳۱۴	۰.۰۸۱۶	۷

جدول شماره ۲: ضرایب جذب صوت در نمونه پارچه های بافته شده با ساختارهایی از ترکیب بافت و نیم بافت

Frequency(HZ)							Fabric type
۵۰۰	۴۰۰	۳۰۰	۲۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۵۰	
۰.۵۲۰۲	۰.۴۱۷۲	۰.۰۷۲۰	۰.۰۵۹۲	۰.۰۴۷۴	۰.۰۲۳۹	۰.۰۶۷۵	۱
۰.۴۹۹۹	۰.۳۵۶۳	۰.۰۷۰۶	۰.۰۶۰۲	۰.۰۴۸۸	۰.۰۲۳۷	۰.۰۳۲۵	۲
۰.۶۱۲۹	۰.۳۴۴۱	۰.۰۵۹۹	۰.۰۵۴۹	۰.۰۴۳۷	۰.۰۲۹۲	۰.۰۷۲۴	۳
۰.۶۱۲۳	۰.۳۸۰۲	۰.۰۸۵۹	۰.۰۶۲۲	۰.۰۵۲۱	۰.۰۲۹۸	۰.۰۷۳۵	۴
۰.۶۶۶۳	۰.۳۸۶۶	۰.۰۹۲۴	۰.۰۶۷۱	۰.۰۵۳۳	۰.۰۳۵۹	۰.۰۷۸۲	۵

جدول شماره ۳: دسته بندی اثر ساختار پارچه روی ضریب جذب صوت در نمونه پارچه های بافته شده با ساختارهایی از ترکیب بافت و نفاخت با استفاده از آزمون دانکن

Frequency(HZ)					Number of samples	Fabric type
۵	۴	۳	۲	۱		
				۱۵۰۹	۲۱	۱
			۱۵۳۸		۲۱	۳
		۱۵۵۲	۱۵۵۲		۲۱	۲
		۱۵۷۰			۲۱	۶
	۱۶۲۷				۲۱	۷
	۱۶۳۷				۲۱	۵
۱۷۲۶					۲۱	۴
۱۰۰۰	۰.۴۷۰	۰.۱۷۹	۰.۲۶۵	۱۰۰۰		Sig.



جدول شماره ۴: دسته‌بندی اثر فرکانس روی ضریب جذب صوت در نمونه پارچه‌های بافته شده با ساختارهایی از ترکیب بافت و نبافت با استفاده از آزمون دانکن

Frequency(HZ)							Number of samples	Frequency
۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱		
						.۰۳۱۲	۲۱	۱۰۰۰
					.۰۴۲۲		۲۱	۱۵۰۰
				.۰۵۳۵			۲۱	۲۰۰۰
			.۰۵۶۹				۲۱	۵۰۰
		.۰۶۸۵					۲۱	۳۰۰۰
	.۳۵۰۸						۲۱	۴۰۰۰
.۵۱۲۹							۲۱	۵۰۰۰
۱،۰۰۰	۱،۰۰۰	۱،۰۰۰	۱،۰۰۰	۱،۰۰۰	۱،۰۰۰	۱،۰۰۰		Sig.

محاسبات پیچیده مقدار امپدانس صوتی قابل محاسبه می باشد که توسط Dent بدست آمده است.

با جایگزینی امپدانس صوتی بدست آمده در رابطه ضریب جذب صوت ارائه شده توسط C.Zwikker & C.W.Kosten، رابطه ضریب جذب صوت در لایه‌های متخلخل بدست خواهد آمد:

$$\alpha = \frac{4Z_0(R)W_0}{(Z_0(R)+W_0)^2 + Z_0^2(I)} \quad (A)$$

R: نسبت چگالی هوا به لیف

Z₀: امپدانس ویژه در سطح باز لایه (R و I نشان‌دهنده قسمت حقیقی و موهومی امپدانس می باشند).

W₀=ρ₀C₀ امپدانس آکوستیکی (C₀ سرعت انتشار صوت در هوای آزاد و ρ₀ برابر ۱/۳ kg/m³) تعیین ضریب جذب صوت در مواد دارای منافذ سیلندری با استفاده از تئوری C&C و Allard:

اگر بتوان ماده را به صورت سطحی که دارای منافذ استوانه‌ای یکسان و همانند دارند مدل هندسی کرد و لایه هوا در داخل این منافذ به عنوان یک لایه سیال با ضخامت I که همان ضخامت ماده می باشد در نظر گرفته شود. با فرض اینکه ماده بر روی یک سطح سخت (غیر قابل نفوذ) قرار داده شده و موج صوتی یکنواخت، مطابق با شکل ۵ به صورت یک تابع نرمال به واحد سطح ماده برخورد می کند معادلات زیر برقرار خواهد بود:

جدول شماره ۷: متوسط ضرایب جذب صوت در هر دسته از نمونه ها

نمونه های با تعداد متفاوت بافت و نبافت		نمونه های با تعداد متفاوت بافت و نیم بافت	
Fabric type	NRC	Fabric type	NRC
۵	۰،۱۸۸۳	۵	۰،۲۰۲۸
۴	۰،۱۸۳۰	۴	۰،۱۹۳۵
۶	۰،۱۷۴۵	۱	۰،۱۹۲۳
۲	۰،۱۷۳۸	۳	۰،۱۷۶۳
۳	۰،۱۷۰۶	۲	۰،۱۷۲۳
۷	۰،۱۵۷۳		
۱	۰،۱۵۳۶		

جدول شماره ۵: دسته‌بندی اثر ساختار پارچه روی ضریب جذب صوت در نمونه پارچه‌های بافته شده با ساختارهایی از ترکیب بافت و نیم‌بافت با استفاده از آزمون دانکن

Subset				Number of samples	Fabric type
۴	۳	۲	۱		
			.۱۵۶۰	۲۱	۱۰۰۰
		.۱۷۲۳		۲۱	۱۵۰۰
		۱۷۳۹.		۲۱	۲۰۰۰
	.۱۸۵۲.			۲۱	۵۰۰
.۱۹۷۱.				۲۱	۳۰۰۰
۱،۰۰۰	۱،۰۰۰	۲۹۷.	۱،۰۰۰	۲۱	۴۰۰۰
				۲۱	۵۰۰۰
۱،۰۰۰	۱،۰۰۰	۱،۰۰۰	۱،۰۰۰		Sig.

جدول شماره ۶: دسته‌بندی اثر فرکانس روی ضریب جذب صوت در نمونه پارچه‌های بافته شده با ساختارهایی از ترکیب بافت و نیم‌بافت با استفاده از آزمون دانکن

Frequency(HZ)							Number of samples	Frequency
۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱		
						.۰۲۸۳	۱۵	۱۰۰۰
					.۰۴۹۱		۱۵	۱۵۰۰
				.۰۶۰۷			۱۵	۲۰۰۰
			.۰۶۴۸				۱۵	۵۰۰
		.۰۷۶۱					۱۵	۳۰۰۰
	.۳۷۶۹						۱۵	۴۰۰۰
.۵۸۲۳							۱۵	۵۰۰۰
۱،۰۰۰	۱،۰۰۰	۱،۰۰۰	۱،۰۰۰	۱،۰۰۰	۱،۰۰۰	۱،۰۰۰		Sig.



K: ضریب هدایت گرمایی هوا

B: جذر عدد Prandtl (یک پارامتر بی بعد در یک

سیستم هدایت کننده می باشد که بیان کننده

نحوه انتقال می باشد)

J_0 : تابع Bessel از مرتبه صفر

J_1 : تابع Bessel از مرتبه یک

پس از برخورد موج صوت با تابع نرمال به

سطح ماده، جریان هوا از سطح ماده به داخل

منافذ ایجاد می شود. با توجه به روابط بالا و

بر اساس تعریف بیان شده برای امپدانس، مقدار

امپدانس در نقطه A از رابطه زیر بدست خواهد

آمد:

$$Z_A = \frac{Z_B}{\phi} \quad (17)$$

ϕ بیانگر میزان حجم هوای داخل منافذ سیلندری به حجم کل ماده می باشد.

بنابراین مقدار ضریب جذب صوت (NAC) ماده، با جایگزینی مقادیر Z_B و Z_A بدست می آید.

با توجه به اینکه نمونه های مورد بررسی، مواد متخلخلی می باشند که هم دارای منافذ سیلندری

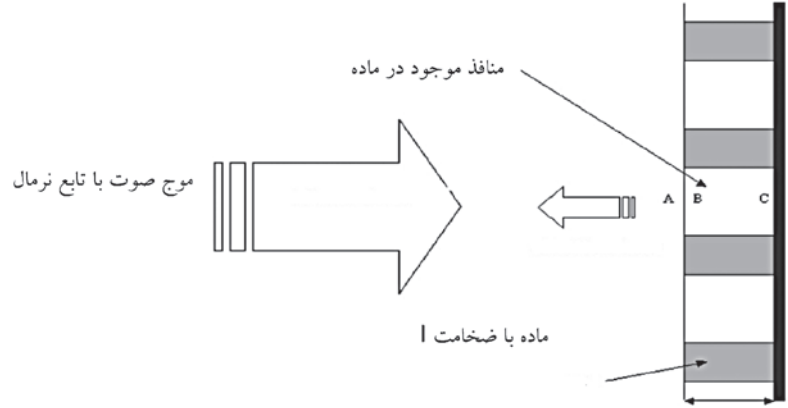
کاملاً باز (مدل Allard) و هم دارای بدنه های دوفازی متشکل از فاز لیف و هوا (مدل Dent)

می باشند، بنابراین بنظر می رسد با تلفیق این دو مدل، بتوان مدلی مناسب برای تعیین ضریب

جذب صوت در این نمونه پارچه ها بدست آورد. اگر بتوان پارچه مورد نظر را به دو بخش تقسیم

کرد به طوری که هر بخش دارای خصوصیات مربوط به یکی از تئوری های موجود باشد و

در نتیجه ضریب جذب هر بخش را با تئوری



شکل شماره ۵: نحوه برخورد صوت به ماده دارای منافذ سیلندری

سیال لایه نازک و روابط بدست آمده از ρ و K ، مدل کرده اند. روابط بدست آمده با در نظر گرفتن اثرات تبادل دما بین هوا و دیواره های سیلندر و همچنین اثرات ویسکوزیته جریان لایه نازک هوا در سیلندر به صورت روابط زیر بیان شده اند:

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 - \frac{2J_1(\psi\sqrt{-j})}{\psi\sqrt{-j}J_0(\psi\sqrt{-j})}} \quad (14)$$

$$K = \frac{k\rho_0}{1 + \frac{2J_1(B\psi\sqrt{-j})}{B\psi\sqrt{-j}J_0(B\psi\sqrt{-j})} \cdot (k-1)} \quad (15)$$

$$\psi = \sqrt{\frac{\omega\rho_0 R}{\eta}} \quad (16)$$

ρ_0 : دانسیته هوا
 η : ویسکوزیته هوا

داخل فضای خالی و نزدیک به سطح جسم و C یک نقطه در جسم نزدیک به سطح سخت در نظر گرفته شده اند. در نقاط A و B، روابط ۹ و ۱۰ برای پارامترهای P و V که به ترتیب نشان دهنده فشار و سرعت می باشند برقرار می باشد:

$$P(A) = P(B) \quad (9)$$

$$V(A) = \phi V(B) \quad (10)$$

در تعیین ضریب جذب صوت این مواد نیاز به تعیین مقادیر امپدانس آکوستیکی در نقاط A و B و C می باشد.

امپدانس آکوستیکی در نقطه B از رابطه ۴-۱۴ بدست می آید:

$$Z_B = -jZ_C \cot(\beta l) \quad (11)$$

Z_C : امپدانس لایه سیال (در اینجا هوا می باشد)

β : عدد موج سیال

Z_B : شاخص امپدانس در نقطه B

مقادیر امپدانس و عدد موج، مختلط هستند و به ترتیب از روابط ۴-۱۵ و ۴-۱۶ بدست می آیند:

$$Z_C = \sqrt{K\rho} \quad (12)$$

$$\beta = \omega \sqrt{\left(\frac{\rho}{K}\right)} \quad (13)$$

ρ : دانسیته موثر

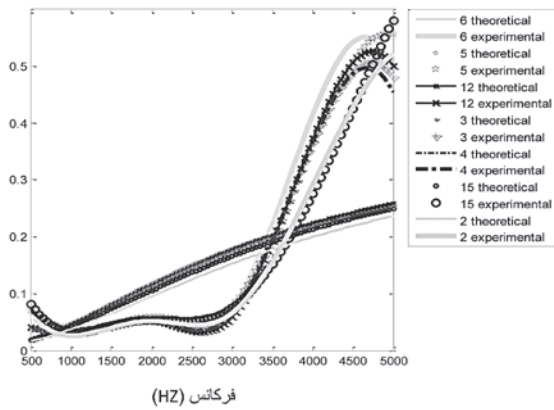
K : مدول بالک هوا در منافذ استوانه ای

ω : فرکانس زاویه ای را مشخص می کنند.

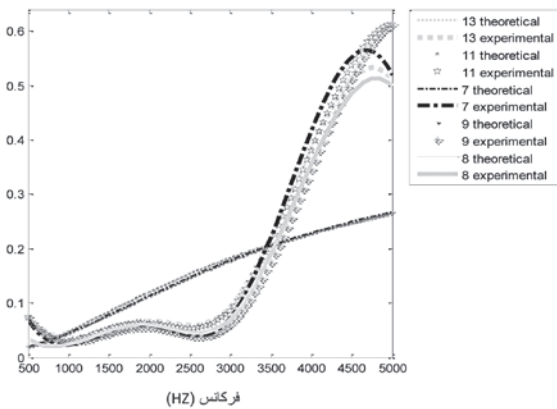
C. Kosten، C. Zwicker سیال هوا را در داخل یک سیلندر دایره ای به شعاع R به عنوان یک

جدول شماره ۸: مقایسه متوسط ضریب جذب صوت بدست آمده از طریق عملی با متوسط ضریب جذب صوت بدست آمده از طریق تلفیق تئوری های موجود

samples with different numbers of knit and miss stitches			samples with different numbers of knit and tuck stitches		
Fabric type	theoretical NRC	Experimental NRC	fabric type	theoretical NRC	Experimental NRC
۵	۰،۱۵۴۳	۰،۱۸۸۳	۵	۱۵۸۲،۰	۰،۲۰۲۸
۴	۰،۱۵۴۰	۰،۱۸۳۰	۴	۰،۱۵۷۱	۰،۱۹۳۵
۶	۰،۱۵۳۵	۰،۱۷۴۵	۱	۰،۱۵۵۸	۰،۱۹۲۳
۲	۰،۱۵۳۳	۰،۱۷۳۸	۳	۰،۱۵۵۷	۰،۱۷۶۳
۳	۰،۱۴۵۹	۰،۱۷۰۶	۲	۰،۱۵۴۷	۰،۱۷۲۳
۷	۰،۱۴۵۱	۰،۱۵۷۳			
۱	۰،۱۳۴۳	۰،۱۵۳۶			



شکل شماره ۶: نمودار مربوط به مقایسه ضرایب جذب صوت بدست آمده از طریق مدل تئوری تلفیقی با نتایج عملی، در نمونه پارچه‌های بافته شده با ساختارهایی از ترکیب بافت و نبافت



شکل شماره ۷: نمودار مربوط به مقایسه ضرایب جذب صوت بدست آمده از طریق مدل تئوری تلفیقی با نتایج عملی، در نمونه پارچه‌های بافته شده با ساختارهایی از ترکیب بافت و نیم‌بافت

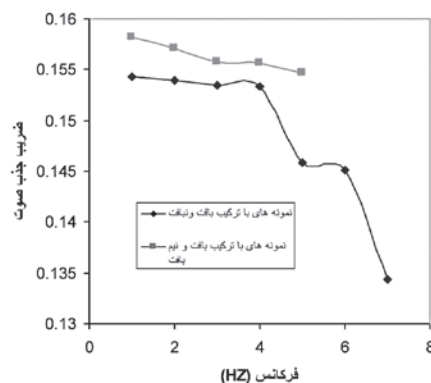
ساختارهایی از ترکیب بافت و نیم‌بافت برابر با $R = 0.9006$ و در نمونه پارچه‌های ریب بافته شده با سه طول حلقه متفاوت برابر با $R = 0.9964$ می‌باشد. نمودارهای حاصله از طریق تلفیق دو تئوری در هر دسته از نمونه‌ها، در شکل‌های ۶ و ۷ نشان داده شده است:

مقایسه متوسط ضرایب جذب صوت ساختارهای نبافت و نیم بافت

در اینجا نیز با مقایسه مقادیر متوسط ضرایب جذب صوت دو دسته پارچه (پارچه‌های ترکیبی بافت و نبافت و از پارچه‌های ترکیبی بافت و نیم‌بافت) میتوان نتیجه‌گیری کرد که به طور کلی متوسط ضرایب جذب صوت پارچه‌های تولید شده از ترکیب بافت و نیم‌بافت بسیار بیشتر از پارچه‌های ترکیبی بافت و نبافت است.

منابع در دفتر مجله موجود است.

با متوسط ضرایب جذب صوت بدست آمده از طریق عملی، مطابقت دارد. (ضریب همبستگی بدست آمده در نمونه پارچه‌های بافته شده با ساختارهایی از ترکیب بافت و نبافت برابر با $R = 0.8747$ و در نمونه پارچه‌های بافته شده با



شکل شماره ۸: نمودار مربوط به مقایسه ضرایب جذب در ساختارهای شامل نیم بافت و نبافت

مربوطه بدست آورد، با ترکیب خطی از ضرایب جذب بدست آمده می‌توان ضریب جذب صوت پارچه را تعیین کرد.

برای این کار، همه منافذ باز پارچه‌ها به عنوان یک بخش از پارچه در نظر گرفته شد که در این بخش فقط منافذ باز با دیواره‌هایشان قرار دارند و بدنه بین منافذ یا همان دیواره‌ها فقط شامل فاز لیف می‌باشد (شبیبه به مدل Allard). و بخش دوم، شامل یک ماده متخلخل دوفازی متشکل از فاز لیف و هوا می‌باشد (شبیبه به مدل Dent).

ضریب جذب صوت هر بخش از پارچه مطابق با تئوری مربوطه و با توجه به درصد هوای موجود در آن که در فصل سوم محاسبه شده (درصد منافذ باز pf و درصد منافذ بسته pc) بدست آمده و سپس برای مقایسه بین نمونه‌ها مقدار متوسط زیر انتگرال آنها تعیین می‌شود. با ترکیب خطی از متوسط ضرایب جذب بدست آمده در هر بخش به صورت رابطه زیر می‌توان متوسط ضرایب جذب در هر پارچه را بدست آورد.

$$\alpha_T = \alpha_A + S\alpha_D \quad (18)$$

α_A : متوسط ضریب جذب صوت بدست آمده، مربوط به بخشی که شامل ماده‌ای با منافذ باز می‌باشد.

α_D : متوسط ضریب جذب صوت بدست آمده از بخشی که شامل ماده متخلخل دوفازی متشکل از فاز لیف و هوا است

S : درصد مساحت اشغال شده توسط بخشی که شامل ماده متخلخل دوفازی متشکل از فاز لیف و هوا است.

به دلیل اینکه ضریب جذب صوت در بخشی که شامل ماده‌ای با منافذ باز می‌باشد، فقط وابسته به تعداد منافذ موجود در آن است (با توجه به مدل Allard) نیازی به قرار دادن درصد مساحت اشغال شده توسط این بخش به عنوان ضریب α_A بدست آمده، نمی‌باشد.

ولی مساحت اشغال شده توسط منافذ و دیواره‌های آنها برای محاسبه مساحت بخش دیگر پارچه (بخش شامل ماده متخلخل دوفازی) در نظر گرفته می‌شود.

نتایج حاصله از تلفیق دو مدل در نمونه‌ها

در همه گروه‌ها رابطه تلفیقی بدست آمده از تئوری‌های موجود، با ضریب همبستگی بالایی