

ANALISI SPERIMENTALE DI RIVESTIMENTI MULTISTRATO PER LA MITIGAZIONE DEL RUMORE GENERATO DA COMPRESSORI CENTRIFUGHI

Andrea Santoni (1), Nicolò Zuccherini Martello (2), Roberto Grimaldi (3) Simone Chiari (4), Francesco Mori (5), Cristina Marescotti (6), Francesco Pompoli (7), Patrizio Fausti (8)

- 1) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara, Ferrara, andrea.santoni@unife.it
 2) Baker Hughes – Nuovo Pignone Tecnologie srl, Firenze, nicolo.zuccherinimartello@bakerhughes.com
 3) Baker Hughes – Nuovo Pignone Tecnologie srl, Firenze, roberto.grimaldi@bakerhughes.com
 4) Baker Hughes – Nuovo Pignone Tecnologie srl, Firenze, simone.chiari.cate@bakerhughes.com
 5) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara, Ferrara, francesco.mori@unife.it
 6) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara, Ferrara, cristina.marescotti@unife.it
 7) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara, Ferrara, francesco.pompoli@unife.it
 8) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara, Ferrara, patrizio.fausti@unife.it

SOMMARIO

Per ridurre il rumore generato da macchine industriali, quali compressori, turbine e motoriduttori, vengono impiegati generalmente rivestimenti costituiti da pannelli multistrato realizzati su misura e collegati uno all'altro direttamente sulla macchina di cui si vuole ridurre il rumore irradiato. Per un'ottimizzazione acustica di questi rivestimenti, per massimizzare la riduzione del rumore irradiato dalla macchina, è necessaria una caratterizzazione sperimentale del comportamento del pannello e dei percorsi di trasmissione principali. Questo articolo presenta i risultati di un'analisi sperimentale per la caratterizzazione del comportamento vibroacustico di rivestimenti multistrato per mitigazione del rumore generato da compressori centrifughi per applicazioni Oil & Gas.

1. Introduzione

Per la riduzione del rumore generato da macchine industriali, vengono comunemente impiegati rivestimenti fonoisolanti costituiti da pannelli multistrato, realizzati su misura e assemblati in opera per coprire la superficie del macchinario o del componente da insonorizzare, come ad esempio compressori, turbine, motoriduttori e condotte. È fondamentale un'attenta progettazione di questi sistemi di rivestimento che tenga in considerazione le esigenze acustiche, strutturali e di resistenza alle condizioni ambientali, spesso estreme, cui sono esposti. Per ottimizzare le prestazioni di isolamento acustico del sistema multistrato è necessario caratterizzare i meccanismi di trasmissione sonora principali. Infatti, a causa della presenza di connessioni meccaniche, la prestazione acustica è influenzata, oltre dalla propagazione aerea, anche dalla propagazione per via strutturale. Questo articolo presenta i risultati di un'analisi sperimentale finalizzata alla caratterizzazione del comportamento vibroacustico di rivestimenti multistrato impiegati per la mitigazione del rumore generato da compressori centrifughi in applicazioni Oil & Gas. L'attività sperimentale è stata funzionale all'implementazione di un modello previsionale, utilizzato per la successiva ottimizzazione delle prestazioni acustiche. Sono state analizzate sperimentalmente due diverse stratigrafie, misurando sia le prestazioni di isolamento acustico, che l'accelerazione vibrazionale sulla superficie di uno dei provini, per una più approfondita analisi del comportamento vibroacustico.

2. Materiali e metodi

I provini analizzati in questo studio, denominati B00 e B01, sono stati progettati per la mitigazione del rumore generato da compressori in ambito Oil & Gas e forniti per l'esecuzione dei test sperimentali da Nuovo Pignone S.r.l. (Gruppo Baker Hughes). Entrambi i provini, aventi una superficie di circa 1 m², sono costituiti da un cuscino fonoisolante, il cui involucro esterno, realizzato in tessuto di fibra di vetro rivestito in silicone, racchiude al proprio interno un pannello in lana minerale e una

barriera fonoimpedente massiva. Il sistema B00 prevede, in aggiunta, l'accoppiamento del cuscino fonoisolante con un pannello in schiuma elastomerica a celle chiuse e una lamiera di acciaio. Le stratigrafie dei due provini analizzati sono riportate in *Tabella 1*. Entrambi i provini sono caratterizzati dalla presenza di connessioni meccaniche tra le due superfici esterne: nel provino B00 tali connessioni sono distribuite lungo il perimetro e in corrispondenza del centro del pannello, mentre nel provino B01 le connessioni sono disposte secondo una maglia regolare su tutta la superficie. L'isolamento acustico fornito da ciascun pannello multistrato è stato valutato sperimentalmente mediante tecnica intensimetrica, in accordo con quanto previsto dalla norma ISO 15186-1 [1]. Le misure sono state condotte presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Ferrara, installando ciascun provino nella finestra di prova per la misura di TL tra una camera riverberante e una camera silente. Inoltre, è stato valutato il miglioramento prestazionale apportato dai provini quando utilizzati come rivestimento di una struttura di base, costituita da un pannello in acciaio di spessore 10 mm e, solo per il sistema B00 anche da 30 mm. Tale miglioramento è stato quantificato in termini di IL, calcolato come differenza tra l'isolamento fornito dal sistema rivestito TL_{riv} , e quello della struttura di base TL_b .

$$(1) \quad IL = 10 \log \frac{W_{inc,riv}}{W_{tr,riv}} - 10 \log \frac{W_{inc,b}}{W_{tr,b}} = TL_{riv} - TL_b \quad [dB]$$

Tabella 1 – Stratigrafie dei provini investigati

Materiale	Provino B00	Provino B01
Involucro Esterno	1 mm	1 mm
Pannello poroso in lana minerale	100 mm	100 mm
Barriera fonoimpedente	2 mm	2 mm
Involucro Esterno	1 mm	1 mm
Schiuma elastomerica	10 mm	-
Lamiera in acciaio	0.9 mm	-

Il comportamento vibroacustico del provino B01 è stato ulteriormente analizzato misurando l'accelerazione vibrazionale, sia su

una griglia di 30 punti uniformemente distribuiti su un quarto della superficie (a una distanza di 100 mm uno dall'altro) e sulle piastre metalliche utilizzate come ancoraggio delle connessioni meccaniche presenti sul pannello. Sono stati impiegati accelerometri miniaturizzati, con un peso di circa 5 g, al fine di influenzare il meno possibile la risposta dinamica della superficie investigata

3. Risultati

In questo paragrafo sono presentati i principali risultati dell'analisi sperimentale condotta sui provini. In Figura 1 sono riportati i valori di TL, in banda di terzi di ottava, misurati per i pannelli B00 e B01. Dall'analisi dei risultati, si osserva una migliore prestazione acustica per il pannello B00, che prevede l'accoppiamento del cuscino multistrato con uno strato di schiuma elastomerica a celle chiuse rivestita con una lamiera in acciaio. Per entrambi i provini è possibile individuare una specifica banda di frequenza oltre la quale la curva di TL cambia pendenza, mostrando una riduzione del tasso di incremento di isolamento acustico all'aumentare della frequenza. In particolare, tale comportamento si manifesta a partire dalla banda dei 1000 Hz per il provino B00 e dalla banda dei 500 Hz per il provino B01. Questo comportamento è causato dalla presenza delle connessioni meccaniche, che introducono un percorso di trasmissione per via strutturale tra la superficie eccitata acusticamente e quella radiante, limitando così l'efficacia dell'isolamento fornito dai materiali poroelastici.

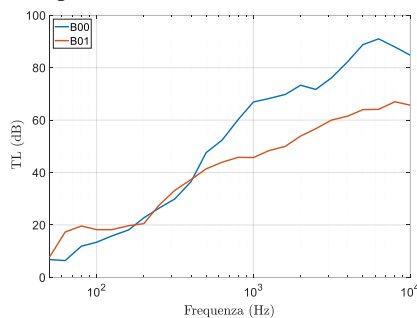


Figura 1 – Isolamento acustico TL misurato sperimentalmente sui provini B00 e B01 mediante tecnica intensimetrica.

I sistemi multistrato analizzati possono essere utilizzati come rivestimento di una struttura di base, al fine di migliorarne le prestazioni di isolamento acustico. In Figura 2 sono riportati, in banda di terzi di ottava, i valori di IL, il descrittore generalmente impiegato per quantificare l'incremento dell'isolamento acustico ottenuto attraverso l'applicazione di un rivestimento. Il confronto tra le diverse configurazioni analizzate evidenzia come il miglioramento fornito in termini di IL dipenda sia dalle caratteristiche acustiche del rivestimento, sia dalle prestazioni proprie della struttura di base. In particolare, si osserva come il rivestimento B00, se applicato a una struttura di base già caratterizzata da elevate prestazioni acustiche, fornisca valori di IL inferiori rispetto a quanto ottenuto in presenza di una struttura meno performante, quasi nell'intero intervallo di frequenze analizzato. Inoltre, l'inserimento di un'intercapedine d'aria tra la struttura di base e il rivestimento risulta efficace nell'aumentare i valori di IL per tutte le configurazioni testate, introducendo un disaccoppiamento meccanico, fondamentale nel miglioramento dell'isolamento acustico complessivo del sistema. Infine, sono stati analizzati i livelli di accelerazione misurati sia sulla superficie del pannello sia in corrispondenza delle connessioni meccaniche strutturali.

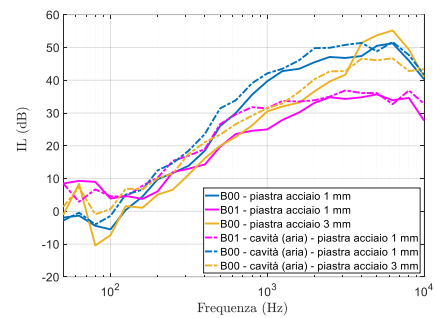


Figura 2 – Miglioramento della prestazione acustica IL, misurato sperimentalmente sui provini B00 e B01 su diverse strutture di base, con e senza intercapedine d'aria.

In Figura 3 sono confrontati gli spettri dei livelli di accelerazione, espressi in banda di terzi di ottava (riferiti all'asse verticale destro). Per facilitarne il confronto, questi spettri sono stati sovrapposti alla curva di TL (riferita all'asse verticale sinistro). L'analisi dei risultati mostra che, a partire dalla banda di frequenza centrata a 500 Hz, il livello di accelerazione misurato direttamente in corrispondenza degli ancoraggi delle connessioni meccaniche $L_{a,conn.mecc.}$ risulta preponderante rispetto al livello medio di vibrazione misurato sulla superficie del pannello $L_{a,avg}$. Questo comportamento conferma l'influenza significativa delle connessioni meccaniche sulle prestazioni di isolamento acustico del sistema multistrato. Infatti, proprio a partire dalla banda di 500 Hz si osserva un cambiamento nella pendenza della curva di TL, attribuibile alla crescente incidenza della trasmissione strutturale delle vibrazioni rispetto alla trasmissione per via aerea.

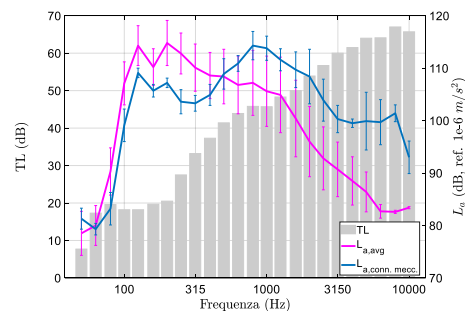


Figura 3 – Confronto tra gli spettri del livello di accelerazione misurato sul pannello e sulle connessioni meccaniche e i valori di TL in banda di terzi di ottava.

4. Conclusioni

Lo studio ha evidenziato che le prestazioni di isolamento acustico attese per il rivestimento dipendono anche dalla struttura di base a cui viene applicato e possono essere migliorate con l'inserimento di un'intercapedine d'aria. Per migliorare le prestazioni acustiche complessive del sistema, è necessaria un'ottimizzazione delle connessioni meccaniche presenti nei pannelli che influenzano significativamente l'isolamento acustico, soprattutto alle medie e alte frequenze.

Lo studio è stato condotto all'interno di un progetto di ricerca finanziato da Nuovo Pignone Tecnologie (Baker Hughes).

5. Bibliografia

- [1] ISO 15186-1: 2000 – Acoustics — Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity. Part 1: Laboratory measurements.