

Geluidisolatie van industrieel leidingwerk

De bestaande norm, de installatierichtlijnen en de laatste ontwikkelingen; hoe werkt dat samen?

Voor het akoestisch isoleren van industrieel leidingwerk is de meest gebruikte methode de internationale norm ISO 15665. In de praktijk gelden er echter ook installatierichtlijnen die gevolgd dienen te worden. Deze installatierichtlijnen kunnen dilemma's opleveren die de akoestische prestaties mogelijk verminderen. Dit artikel beschrijft een praktische blik op geluidisolatiesystemen voor industrieel leidingwerk en de laatste ontwikkelingen.

Door: Edward van Engelenhoven en Gary Jacqus

Over de auteurs:

Edward van Engelenhoven is Technical Project Manager Industrie & OEM bij Saint-Gobain Isover Technical Insulation Benelux. Zijn focus ligt op het technisch adviseren en specificeren van thermische en akoestische isolatieoplossingen voor industriële installaties.

Gary Jacqus is R&D Project Manager bij Saint-Gobain Research afdeling Akoestiek in Parijs. Zijn focus ligt op onderzoek en ontwikkeling van akoestische oplossingen en systemen.

Introductie

De procesindustrie is in het algemeen een lawaaiige omgeving die gezondheids- en veiligheidsrisico's voor medewerkers en hinder in de omgeving met zich mee kunnen brengen. Qua gezondheid bestaat het risico op gehoorschade en qua veiligheid kunnen te hoge geluidniveaus leiden tot miscommunicatie of het missen van akoestische veiligheidssignalen.

De procesindustrie kenmerkt zich door veel leidingwerk, dat een bron is van geluid en naast thermisch ook vaak akoestisch geïsoleerd moet worden.

Maar aan welke voorwaarden moet het akoestisch isolatiesysteem voldoen en welke prestatie mag verwacht worden? Welke rol speelt het isolatiemateriaal en de constructieve opbouw van het systeem? En, zijn er effectievere oplossingen dan de bestaande normen voorschrijven?

Isolatiesystemen voor leidingwerk

Een thermisch leidingisolatiesysteem komt het meest voor in de procesindustrie en is in basis opgebouwd uit een isolatiemateriaal om een leiding. Om het isolatiemateriaal te beschermen tegen weersinvloeden en beschadiging van buitenaf is doorgaans als afwerking een metalen beplating (cladding) aangebracht. Deze cladding bestaat veelal uit aluminium of (roestvast) staal.

Figuur 1 toont voorbeelden van gangbare thermische isolatiesystemen voor industriële leidingen.

Op het eerste gezicht lijkt een akoestisch isolatiesysteem op een thermisch isolatiesysteem. De grootste verschillen betreffen echter de keuze van het isolatiemateriaal, het type cladding en de methode van installeren. De internationale norm ISO 15665 [1] geeft hier meer informatie over.

Daarnaast dienen de industriële isolatiesystemen op een deugdelijke wijze ontworpen en geïnstalleerd te worden volgens praktische kwaliteitsrichtlijnen, conform bijvoorbeeld het handboek van de Commissie Isolatie Nederlandse Industrie (CiNi) [2].

ISO 15665

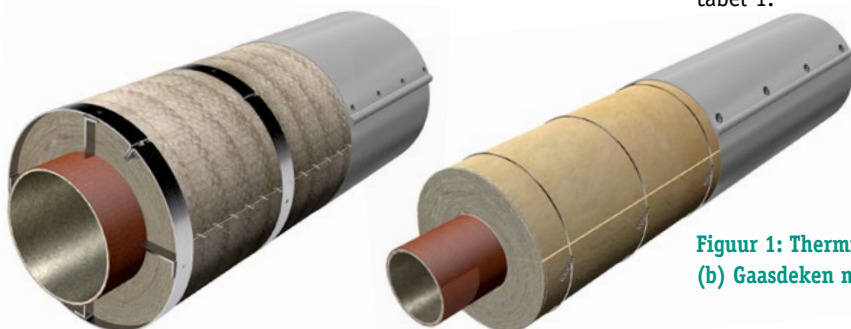
De ISO 15665 is een norm die specifiek is geschreven voor het bepalen en classificeren van de akoestische prestaties van isolatiematerialen voor industriële leidingen. Deze norm helpt bij het kiezen van de juiste isolatie om geluidemissie van leidingen te verminderen. Het definieert vier prestatieclassen (A, B, C en D) op basis van de geluidreductie die een isolatiesysteem moet bieden, met oplopende prestaties.

Klasse A is de basisklasse en D is de hoogste klasse en biedt de beste akoestische prestaties. Isolatiesystemen in deze klasse zijn ontworpen voor toepassingen waar een zeer hoge mate van geluidreductie vereist is.

De norm onderscheidt 3 categorieën leidingen op basis van de leidingdiameter:

1. kleiner dan 300 mm;
2. tussen 300 mm tot 650 mm;
3. tussen 650 mm tot 1.000 mm.

De indeling in klassen is gebaseerd op de geluidreductie (invoegverlies) in de verschillende octaafbanden per leidingcategorie, zie tabel 1.



Figuur 1: Thermische isolatie: (a) Isolatieschaal met cladding en (b) Gaasdeken met afstandhouder en cladding

Tabel 1: invoegverlies ISO 15665 [1]

Klasse	Bereik van de nominale diameter [mm]	Minimaal invoegverlies [dB]						
		Middenfrequentie octaafband [Hz]						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
A1	D < 300	-4	-4	2	9	16	22	29
A2	300 ≤ D < 650	-4	-4	2	9	16	22	29
A3	650 ≤ D < 1000	-4	-2	7	13	19	24	30
B1	D < 300	-9	-3	3	11	19	27	35
B2	300 ≤ D < 650	-9	-3	6	15	24	33	42
B3	650 ≤ D < 1000	-7	2	11	20	29	36	42
C1	D < 300	-5	-1	11	23	34	38	42
C2	300 ≤ D < 650	-7	4	14	24	34	38	42
C3	650 ≤ D < 1000	1	9	17	26	34	38	42
D2	300 ≤ D < 650	-3	4	15	36	45	45	45
D3	650 ≤ D < 1000	3	9	26	36	45	40	40

Tabel 2: Generieke isolatieconstructies volgens ISO 15665 [1]

Klasse	omschrijving	Waarde
A	Min. dikte van de poreuze laag	50 mm
	Max. stijfheid van de poreuze laag	2 MN/m ³
	Min. massa per oppervlakte-eenheid van massalaag en/of metalen cladding	4,5 kg/m ³ (bijv. 0,6 mm stalen cladding)
B	Min. dikte van de poreuze laag	100 mm
	Max. stijfheid van de poreuze laag	1 MN/m ³
	Min. massa per oppervlakte-eenheid van massalaag en/of metalen cladding	6,0 kg/m ² (bijv. 0,8 mm stalen cladding)
C	Min. dikte van de poreuze laag	100 mm
	Max. stijfheid van de poreuze laag	1 MN/m ³
	Min. massa per oppervlakte-eenheid van massalaag en/of metalen cladding voor nominale leidingdiameters < 300 mm	7,8 kg/m ² (bijv. 1,0 mm stalen cladding)
	Min. massa per oppervlakte-eenheid van massalaag en/of metalen cladding voor nominale leidingdiameters ≥ 300 mm	10 kg/m ² (bijv. 1,3 mm stalen cladding)
D	Min. dikte van de eerste poreuze laag	50 mm
	Min. massa per oppervlakte-eenheid van de eerste massalaag	6 kg/m ² (bijv. 0,8 mm stalen cladding)
	Min. dikte van de tweede poreuze laag	50 mm
	Min. massa per oppervlakte-eenheid tweede massalaag en/of metalen cladding voor 300 mm ≤ D < 650 mm	7,8 kg/m ² (bijv. 1,0 mm stalen cladding)
	Min. massa per oppervlakte-eenheid van de tweede massalaag en/of metalen cladding voor 650 mm ≤ D < 1 000 mm	10 kg/m ² (bijv. 1,3 mm stalen cladding)
	Max. stijfheid van poreuze lagen	1 MN/m ³

Generieke niet-geverifieerde isolatiesystemen

Naast het invoegverlies omvat de ISO 15665 beschrijvingen van verschillende constructies die in principe aan de akoestische prestatieclassen zouden kunnen voldoen. Hiervan wordt verwacht dat deze het invoegverlies leveren die zijn samengevat in tabel 1. In tabel 2 zijn deze generieke constructies weergegeven.

De ISO 15665 meldt dat de prestaties volgens tabel 2 niet geverifieerd zijn. Ook zijn deze niet altijd op die wijze realiseerbaar, omdat bijvoorbeeld andere en/of bijkomende installatieonderdelen noodzakelijk zijn, zoals onderconstructies met afstandhouders, om te voldoen aan de installatierichtlijnen conform CiNi.

Constructies met een andere opbouw dan vermeld in tabel 2 kunnen volgens ISO 15665 wel worden toegepast, mits is aangetoond dat deze voldoen aan de invoegverliezen volgens de prestatieclassen (tabel 1). ISO 15665 beschrijft hiervoor een gestandaardiseerde methode om de akoestische prestaties van deze alternatieve isolatiesystemen te testen. Dit laat toe om af te wijken van de generiek omschreven constructies en beter uitvoerbare isolatiesystemen toe te passen.

Welke onderdelen van het isolatiesysteem zijn belangrijk en hebben de meeste invloed op de akoestische prestatie?

De cladding rond een leiding zorgt voor de geluidreductie van het afgestraalde leidinggeluid. De cladding mag geen starre verbindingen hebben met de leiding zelf, want dan zou, bij bepaalde frequenties, de geluidafstraling zelfs kunnen toenemen.

Het isolatiemateriaal (of poreuze laag volgens ISO 15665) speelt een cruciale rol in het behalen van de akoestische prestatie en heeft twee belangrijke functies: het absorberen van akoestische energie en het realiseren van een veerkrachtige isolatielaag om, bij toepassing van voorgevormde isolatieschalen, starre contacten te vermijden met de cladding. Voor een goed resultaat van deze functies definieert ISO 15665 twee belangrijke karakteristieken voor deze materialen; een lage dynamische stijfheid en een optimale luchtdoorstromingsweerstand. Isolatiematerialen zoals hardschuimen, cellenglas en calcium silicaat zijn gangbare thermische isolatiematerialen, maar deze komen niet in aanmerking als

akoestisch isolatiemateriaal omdat dit te stijve materialen zijn en bij toepassing van voorgevormde isolatieschalen starre contacten veroorzaken tussen leiding en cladding.

De gewenste combinatie van eigenschappen wordt volgens ISO 15665 traditioneel gevonden in onder andere minerale wol, met een dichtheid tussen 80 en 120 kg/m³. Dit is echter een wat beperkte benadering. ISO 15665 maakt geen onderscheid tussen de verschillende typen minerale wol zoals glaswol, steenwol en ULTIMATE™. Deze typen minerale wol verschillen van vezelstructuur en bijhorende thermo-akoestische karakteristieken, waarbij dichtheid van minder (of ondergeschikt) belang is.

Akoestische eigenschappen van minerale wol

Voor poreuze materialen zoals minerale wol, de luchtdoorstromingsweerstand of Air Flow Resistivity (AFr) zijn dynamische stijfheid en dikte de belangrijkste factoren [3, 4]. De luchtdoorstromingsweerstand geeft aan hoe goed een poreus materiaal de doorgang van lucht onder een bepaald drukverschil bemoeilijkt. Het is een relevante akoestische parameter om te kwantificeren hoe een geluidsgolf zich door een materiaal voortplant. Volgens de ISO 15665 heeft traditionele steenwol bij een dichtheid tussen 80 en 120 kg/m³ een acceptabele AFR.

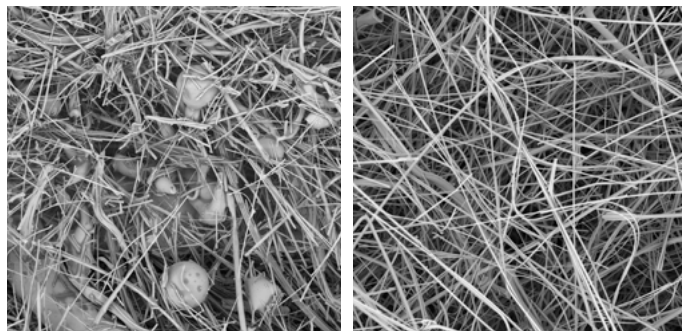
Typen minerale wol

Traditionele steenwolproducten worden geproduceerd met gebruik van verticale roterende spinners. Door "verscattering" van vloeibaar gesteente ontstaan vezels. Inherent aan dit proces is dat tot 40% van de totale massa onvervezeld overblijft. Deze deeltjes, ook wel slugs genoemd, dragen niet bij aan de akoestische prestaties en verhogen enkel het gewicht van de steenwol, zie figuur 2a.

Glaswolproducten zijn geproduceerd met behulp van horizontale spinners, waarbij 100% van het gesmolten glas door de spinneropeningen wordt gedwongen. Dit leidt tot een volledige vervezeling zonder aanwezigheid van slugs. Deze zeer fijne slugvrije vezelstructuur van glaswol is de belangrijkste reden voor de uitstekende AFR en dynamische stijfheid met daaruit voortvloeiende goede akoestische eigenschappen bij relatief lage dichtheid van circa 35 tot 50 kg/m³.

Voor isolatietoepassingen in de procesindustrie met hoge mediumtemperaturen is glaswol echter niet het meest gangbare materiaal omdat de smelttemperatuur lager ligt dan bij steenwol. Steenwol is hierom meer geschikt voor deze toepassingen.

ULTIMATE™ tenslotte is ontwikkeld door Saint-Gobain Isover en betreft een steenwol maar dan vervezeld volgens het principe van glaswol. Deze licht gewicht steenwol beschikt hierdoor over een zeer fijne vezelstructuur zoals glaswol en bevat geen slugs, zie figuur 2b. De smelttemperatuur is gelijk aan die van traditionele steenwol. Hierdoor worden de beste eigenschappen van traditionele steenwol en glaswol gecombineerd in één materiaal en kan het voor industriële toepassingen met hoge mediumtemperaturen gebruikt worden en beschikt het over een uitstekende AFR en dynamische stijfheid met goede akoestische eigenschappen bij relatief lage dichtheid; circa 35 tot 50 kg/m³.



Figuur 2a: Vezelstructuur traditionele steenwol (slugs)

Figuur 2b: Vezelstructuur ULTIMATE™ steenwol

Naast het isolatiemateriaal hebben ook andere elementen invloed op de akoestische prestaties van het isolatie systeem zoals de cladding en de installatieconstructie.

Cladding

De functie van de metalen cladding betreft in eerste plaats bescherming van het isolatiemateriaal tegen weersinvloeden en beschadigingen van buitenaf. Het gewicht van de cladding (welke rust op het isolatiemateriaal of de ondersteuningsconstructie, afhankelijk van het isolatieproduct) zorgt voor een massa-veersysteem wat resulteert in een geluidsisolerende prestatie. Optioneel kan een massalaag aan de binnenzijde van de cladding worden toegevoegd om de geluidsisolerende eigenschappen te vergroten.

Installatieconstructie

Voor kleinere leidingdiameters worden vaak voorgevormde isolatieschalen toegepast als thermische en/of akoestische isolatie (figuur 1a). Deze isolatieschalen zijn drukvast genoeg om de cladding te dragen.

Bij grotere diameters leidingwerk, in de praktijk meestal groter dan 300 mm, worden vaak om financiële en/of logistieke redenen isolatiedekens (bijvoorbeeld gaasdekens) toegepast (figuur 1b). Deze isolatiedekens zijn niet drukvast genoeg om de cladding te dragen. Het aanbrengen van de cladding zonder onderconstructie kan leiden tot indrukking en vervorming van de isolatiedekens, met als gevolg een verandering in de mechanische en thermisch-akoestische eigenschappen. Om de cladding te dragen zijn dan de zogenaamde afstandhouders nodig. De CiNi installatierichtlijn schrijft dit ook voor.

Echter, ISO 15665 adviseert in eerste instantie om afstandhouders te vermijden en wijkt dus in principe af van CiNi. In de praktijk ontstaat hier een dilemma; afstandhouders zijn nodig om het isolatiesysteem juist te installeren, maar hiermee neemt het risico op geluidstransmissie via starre contacten toe, met als gevolg een verminderde akoestische prestatie van het isolatiesysteem.

ISO 15665 schrijft ook voor dat, indien afstandhouders onvermijdbaar zijn, deze moeten zijn voorzien van trillingsisolerende elementen. Starre afstandhouders, welke gebruikt worden in afstandsringen voor thermische isolatie (figuur 1b), mogen niet worden gebruikt voor akoestische isolatiesystemen.

CiNi bevat een soortgelijke omschrijving: Omega-afstandhouders met veerkrachtige elementen, zie figuur 3.



Figuur 3: Omega afstandhouders (CiNi) [2]

Hoewel deze omega-afstandhouders zijn voorzien van verende elementen vormen deze nog wel een potentiële akoestische koppeling. ISO 15665 en de installatierichtlijnen geven helaas geen concrete details over de impact op de totale akoestische prestatie ten gevolge van het toepassen van afstandhouders.

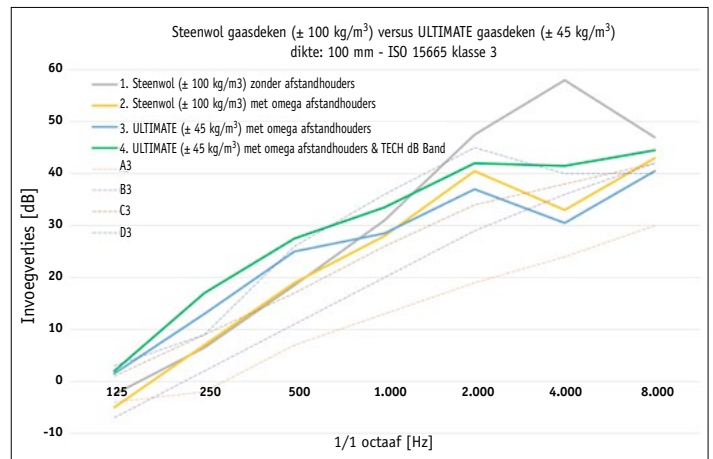
Isolatiespecificaties

De grotere petrochemische en industriële bedrijven beschikken over specificaties waarin zij voorschrijven hoe thermische en akoestische isolatiesystemen moeten worden aangebracht op hun installaties. In deze specificaties is het isolatiemateriaal gedefinieerd en toepasselijke installatierichtlijnen voorgeschreven (bijvoorbeeld CiNi). Voor wat betreft geluidisolatie van leidingwerk is ISO 15665 vaak opgenomen.

Omdat de generieke systemen in tabel 2 niet geverifieerd zijn en ook geen informatie geven over de invloed van de praktische uitvoerbaarheid, vragen deze bedrijven dan vaak om uitsluitend gevalideerde akoestische isolatiesystemen op hun installaties toe te passen. Dit is de aanleiding geweest van om een uitgebreid range van geteste configuraties op te bouwen. Deze configuraties houden rekening met de aanbevelingen volgens de installatierichtlijnen.

Geteste configuraties

Diverse geluidsisolerende configuraties in leidingklassen 1, 2 en 3 zijn getest volgens ISO 15665, in externe gecertificeerde akoestische laboratoria. De configuraties voldoen aan de aanbevelingen van de installatierichtlijnen. Voor de leidingklasse 2 en 3 zijn deze configuraties met traditionele steenwol en de lichtgewicht gaasdekens getest, inclusief afstandhouders. Een aantal verkregen meetresultaten van een klasse 3 leiding is in figuur 4 weergegeven.



1. Steenwol: ISOVER TECH Wired Mat MT 5.1 ($\pm 100 \text{ kg/m}^2$) - 100 mm | Cladding 10 kg/m^2 | A3, B3
2. Steenwol: ISOVER TECH Wired Mat MT 5.1 ($\pm 100 \text{ kg/m}^2$) - 100 mm | CiNi omega afstandhouders & glasvezelband | Cladding 10 kg/m^2 | B3
3. ULTIMATE: ISOVER U TECH Wired Mat MT 4.0 ($\pm 45 \text{ kg/m}^2$) - 100 mm | CiNi omega afstandhouders & glasvezelband | Cladding 10 kg/m^2 | A3
4. ULTIMATE: ISOVER U TECH Wired Mat MT 4.0 ($\pm 45 \text{ kg/m}^2$) - 100 mm | CiNi omega afstandhouders & TECH dB Band | Cladding 10 kg/m^2 | A3, B3, C3

Figuur 4: Invoegverlies Steenwol isolatiesystemen klasse 3 leiding

Configuratie 1 uit figuur 4 betreft het generieke systeem en de referentie vanuit ISO 15665, maar is niet geheel representatief vanwege het ontbreken van de afstandhouders. Configuratie 2 betreft een gelijke configuratie als Configuratie 1 maar dan voorzien van omega-afstandhouders. Configuratie 3 betreft de opstelling met de lichtgewicht steenwol inclusief omega-afstandhouders.

Om het risico van galvanische corrosie te beperken, is de installatierichtlijn gevolgd en zijn de afstandhouders rondom voorzien van glasvezelband.

Configuratie 4 is gelijk aan Configuratie 3 maar is de afstandhouder rondom voorzien van een elastisch band (TECH dB Band) in plaats van de glasvezelband. De cladding betreft in alle configuraties 1 mm aluminium beplating voorzien van een massalaag (totaal gewicht $\pm 10 \text{ kg/m}^2$).

Volgens ISO 15665 mag voor Configuratie 1 en 2 een prestatie A3, B3 en C3 verwacht worden, echter deze wordt in beide opstellingen niet gehaald. Het toepassen van de vereiste afstandhouders leidt tot een verminderde prestatie in de midden- en hoge frequenties. Dit resulteert ook in een lagere prestatieclassificatie. Dit effect is bij alle varianten merkbaar.

Met het toepassen van het elastische band in plaats van glasvezelband om de afstandhouders verbetert de totale akoestische prestatie, wat resulteert in betere prestatieclassificaties (Configuratie 4).

Uit figuur 4 blijkt dat de lichtgewicht steenwol configuraties in de lage frequenties significant beter presteren dan de traditionele steenwol. Dit positieve effect is geheel toe te schrijven aan de gunstige vezelstructuur.

Optimalisatie isolatiesystemen

Door gebruik te maken van de goede prestaties zijn vervolgens de isolatiesystemen geoptimaliseerd: voldoen aan de installatierichtlijnen, lichter in gewicht en minder lagen materiaal.

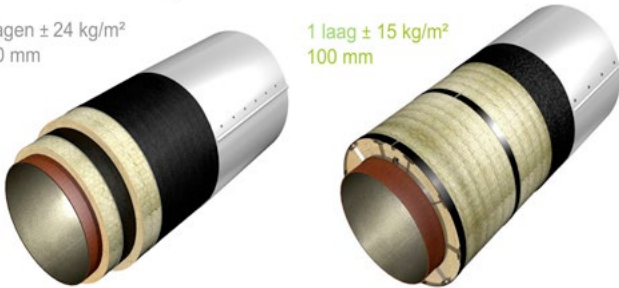
Bijvoorbeeld de oplossingen voor klasse D2 zijn inclusief omega-afstandhouders geoptimaliseerd: één isolatielaag volstaat in combinatie met de omega-afstandhouders die voorzien zijn van elastisch band in combinatie met 1 mm verzwaarde aluminium cladding ($\pm 10 \text{ kg/m}^2$).

Dit in tegenstelling tot het generieke klasse D systeem volgens ISO 15665 die twee lagen isolatiemateriaal en een tussenliggende massalaag voorschrijft, wat resulteert in een complexer systeem en waarin de invloed van de noodzakelijke afstandhouders nog niet is meegenomen.

ISO 15665 – Steenwol gaasdekens ULTIMATE™ U TECH Wired Mat MT 4.0

3 lagen $\pm 24 \text{ kg/m}^2$
100 mm

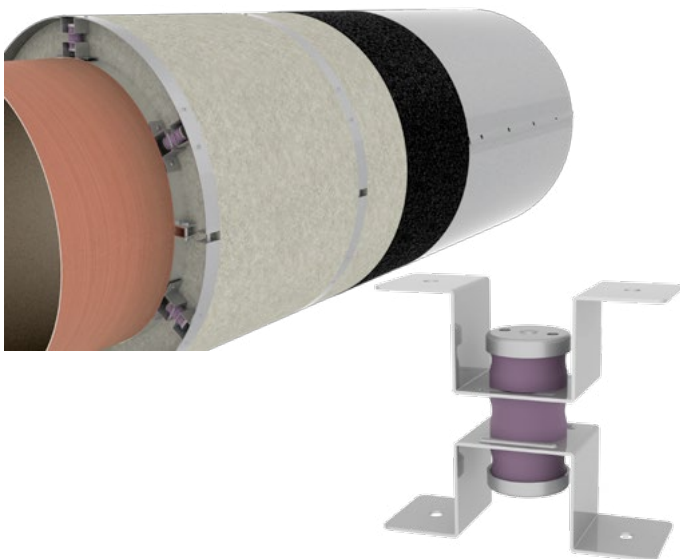
1 laag $\pm 15 \text{ kg/m}^2$
100 mm



Figuur 5: Klasse D2 Steenwol

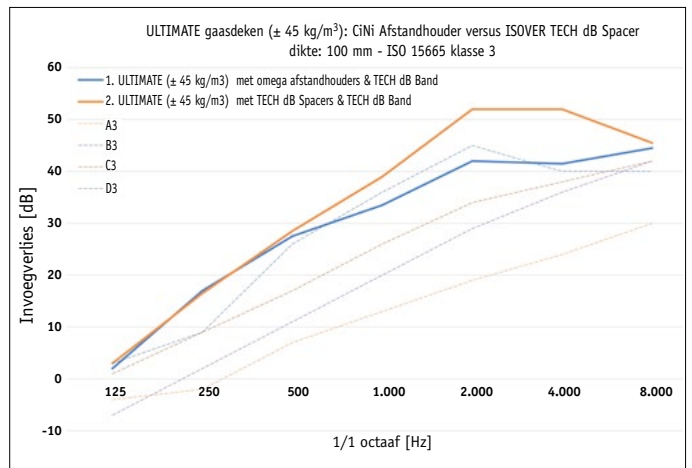
Optimalisatie afstandhouders

Gezien de akoestische impact van de benodigde afstandhouders is hier nog ruimte voor verbetering. Hiervoor is een akoestische spacer ontwikkeld. Dit betreft visco-elastische componenten welke worden geïntegreerd in de afstandhouder, zie figuur 6. De standaard afmetingen van de componenten zorgen voor een eenvoudige integratie in de bestaande systemen waardoor deze voldoen aan de installatierichtlijnen.



Figuur 6: Afstandhouder met geïntegreerde akoestische spacer (TECH dB Spacer)

Het ontwerp vermindert effectief de geluidstransmissie naar de cladding waardoor de prestatie van het isolatiesysteem verbetert, zie figuur 7.



1. ULTIMATE: ISOVER U TECH Wired Mat MT 4.0 ($\pm 45 \text{ kg/m}^2$) - 100 mm | CiNi omega afstandhouders & TECH dB Band | Cladding 10 kg/m^2 | A3, B3, C3
2. ULTIMATE: ISOVER U TECH Wired Mat MT 4.0 ($\pm 45 \text{ kg/m}^2$) - 100 mm | TECH dB Spacer & TECH dB Band | Cladding 10 kg/m^2 | A3, B3, C3, D3

Figuur 7: Invoegverlies met omega afstandhouder versus akoestische Spacer

Uit figuur 7 blijkt dat met het toepassen van de geïntegreerde akoestische spacer over het gehele frequentiespectrum de prestatie verbetert van klasse C3 naar klasse D3 met een gelijkblijvende isolatiedikte en cladding.

Samenvatting

Minerale wol is een veelzijdig materiaal voor akoestische isolatie, maar om aan de eisen van ISO 15665 en de installatierichtlijnen zoals CiNi te voldoen, moeten bepaalde eigenschappen geoptimaliseerd worden. Door de juiste keuze van de minerale wol en de afstandhouders kan een aanzienlijke reductie van geluidemissie worden bereikt.

De fijne vezelstructuur van de licht gewicht steenwol in combinatie met juist gekozen installatiecomponenten vertaalt zich in efficiëntere configuraties door het verminderen van het totale gewicht en aantal aan te brengen lagen materiaal. Deze configuraties zijn onderbouwd met testrapporten en beantwoorden daarmee de vraag van de industriële opdrachtgevers om gecertificeerde praktisch uitvoerbare oplossingen toe te passen.

Referenties:

- [1] ISO 15665 Acoustics - Acoustic insulation for pipes, valves and flanges
- [2] Handboek: Isolatie voor de Industrie - Stichting Commissie Isolatie Nederlandse Industrie (CiNi)
- [3] Conference paper Internoise 2010 - Porous material parameters influencing the acoustic performances of building construction systems
- [4] Journal of Sound and Vibration 360 (2016) 203–223 - A mixed “Biot–Shell” analytical model for the prediction of sound transmission through a sandwich cylinder with a poroelastic core