

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní
Katedra strojů průmyslové dopravy

**Návrh konstrukčního řešení vnějšího pláště a tepelné
izolace cisternových návěsů**

**Design of outer cover and thermal insulation of the
tanker semi-trailer**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

JINDŘICH MARYŠKA

2005 – 2006

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra strojů průmyslové dopravy

Obor: 2302T010

Konstrukce strojů a zařízení

Zaměření

KOLOVÉ DOPRAVNÍ A MANIPULAČNÍ STROJE

**Návrh konstručního řešení vnějšího pláště a tepelné izolace
cisternových návěsů**

**Design of outer cover and thermal insulation of the tanker
semi-trailer**

KSD – 432

Maryška Jindřich

Vedoucí diplomové práce: doc. Dr. Ing. Pavel Němeček

Konzultant diplomové práce: Ing. Pavel Sytný – KOBIT s.r.o.

Rozsah práce:

Počet stran	:	50
Počet obrázků	:	29
Počet tabulek	:	11
Počet příloh	:	4
Počet výkresů	:	2

ANOTACE

TÉMA

Návrh konstrukce vnějšího pláště a izolace cisternových návěsů

ANOTACE

Diplomová práce popisuje konstrukci vnějšího pláště a tepelné izolace cisternového návěsu pro převoz bitumenu. První část se zabývá přenosem tepla a tepelnými ztrátami současné technologie vnějšího pláště. Druhá část popisuje návrh nového konstrukčního řešení vnějšího pláště a tepelné izolace, včetně pevnostní analýzy provedených úprav pomocí software PRO/MECHANICA. Závěrečná část obsahuje ekonomické zhodnocení provedených úprav, včetně úspory materiálu a hmotnosti návěsu. Součástí diplomové práce je výkres sestavy a dilatačního vlnovce.

THEME

Design of outer cover and thermal insulation of the tanker semi-trailer

ANNOTATION

The diploma work is engaged in design and description of outer cover and thermal insulation of the bitumen tanker semi-trailer. First part of the diploma work calculates heat transfer and thermal losses of current technology. Second part describes new technology of outer cover and using new thermal insulation including stress analysis using PRO/MECHANICA software. Final part contains financial calculation of performed modifications including material and mass savings. Diploma work contains drawings of assembly and part.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci dne 26.května 2006

JINDŘICH MARYŠKA

PROHLÁŠENÍ K VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ DP

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo) a § 35 (o nevýdělečných užití díla k vnitřní potřebě školy).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užití své diplomové práce či poskytnout licenci k jinému využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvořená díla (až do jejich skutečné výše).

Datum: 26.5.2006

Podpis:

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval všem pracovníkům katedry strojů průmyslové dopravy, především svému vedoucímu diplomové práce doc. Dr. Ing. Pavlu Němečkovi a konzultantovi Ing. Pavlu Sytnému z firmy KOBIT s.r.o. za odbornou pomoc, připomínky a cenné rady.

V neposlední řadě bych chtěl také poděkovat svým rodičům za velkou morální a finanční podporu během mého studia na vysoké škole.

Úvodní strana

Zadání

Anotace

Annotation

Prohlášení – samostatně

Prohlášení – použití výsledků

Poděkování

Obsah :

1 Úvod	12
1.1 Cíle diplomové práce	12
1.2 Současná konstrukce vnějšího pláště	13
1.3 Tepelná izolace cisternového návěsu	14
1.3.1 Popis a provedení tepelné izolace Rockwool	14
1.3.2 Základní vlastnosti tepelné izolace Rockwool .I.....	15
2 Výpočet prostupu tepla a přenosu tepelných mostů	16
2.1 Teorie přenosu tepla a hmoty	16
2.1.1 Vedení tepla – Fourierův zákon	16
2.1.2 Tepelné záření – radiace	18
2.1.3 Přestup tepla – konvekce	19
2.2 Výpočet sdílení tepla podél válcové plochy návěsu	23
2.2.1 Aerodynamika návěsové soupravy	24
2.2.2 Vlastní výpočet	25
2.3 Výpočet sdílení tepla na čelech návěsu	31
2.4 Výpočet přenosu tepelných mostů	34
2.4.1 Výztužné obruče	34
2.4.2 Napichovací hroty	35
2.4.3 Pátevní stojiny a podpěra	36
2.5 Celkový přenos tepla návěsu	37
3 Návrh nové izolační hmoty a konstrukce vnějšího pláště	38
3.1 Současní výrobci cisternových návěsů	38
3.2 Použití nové izolační hmoty	39
3.3 Návrh konstrukčního řešení vnějšího pláště	40
3.3.1 Návrh nových výztužných obručí	40
3.3.2 Technologie obalování vnějším plechem	40
3.4 Výpočet sdílení tepla s izolací ISOVER	42
3.4.1 Sdílení tepla podél válcové plochy a na čelech	42
3.4.2 Výpočet tepelných mostů.....	43
4 Pevnostní kontrola provedených úprav.....	44
4.1 Pevnostní analýza původního řešení.....	44
4.2 Pevnostní analýza nového řešení.....	45
5 Ekonomické zhodnocení.....	47
5.1 Výpočet mezd.....	48
5.2 Náklady na materiál.....	49
6 Závěr.....	49
7 Seznam použité literatury.....	49

Seznam použitých zkratek a symbolů

Symbol	Rozměr	Význam
a	$[m^2.s^{-1}]$	součinitel teplotní vodivosti
c	$[J.kg^{-1}.K^{-1}]$	měrná tepelná kapacita
d	[m]	průměr
D	[m]	průměr
du	[m]	charakteristický rozměr
f	$[s^{-1}]$	frekvence
h	[m]	výška
k	$[W.m^{-2}.K^{-1}]$	součinitel prostupu tepla
L	[m]	délka
M	$[W.m^{-2}]$	intenzita vyzařování
Nu	[-]	Nusseltovo číslo
p	[Pa]	absolutní tlak
Pr	[-]	Prandtlovo číslo
q	$[W.m^{-2}]$	hustota tepelného toku
Q	[W]	tepelný tok
R	[m]	poloměr
Re	[-]	Reynoldsovo číslo
S	$[m^2]$	teplosměnná plocha
t	[s]	čas
t	[mm]	tloušťka izolace
T	[K]	teplota Kelvina
T	[°C]	Celsiova teplota
w	$[m.s^{-1}]$	rychlost proudění
W	[J]	energie

Symbol	Rozměr	Význam
α	$[W.m^{-2}.K^{-1}]$	součinitel přestupu tepla
δ	$[m]$	tloušťka stěny
ε	$[-]$	emisivita
η	$[Pa.s]$	dynamická viskozita
λ	$[W.m^{-1}.K^{-1}]$	tepelná vodivost
λ	$[m]$	vlnová délka
Φ	$[W]$	zářivý tok
ν	$[m^2.s^{-1}]$	kinematická viskozita
ρ	$[kg.m^{-3}]$	měrná hmotnost

Seznam indexů

A	asfaltu
B	barometrický
C	celkový
C1	celkový – válcové plochy
C2	celkový – čela
C3	celkový – tepelné mosty
č	čela
d	obvodu
DT	dvou těles
e	zářivý
e	uvažovaného zářiče
e0	absolutně černého tělesa
H ₂ O	vody
iz	izolace
k	konduktivní a konvektivní
oc	oceli
pov	povrchu
PS	páteřních stojin
v	vzduchu
v	výpočetní
vpč	válcové plochy čela
TM	tepelných mostů
VO	výztužných obručí

Přílohy :

P1 – Technický list : Austenitická korozivzdorná ocel DIN 1.4301

P2 – Ceník a technický list : Tepelná izolace Rockwool

P3 – Ceník a technický list : Tepelná izolace Isover

P4 – Obrázky cisterny v software Proengineer

Výkres sestavy

Výkres distančního vlnovce

1 Úvod

Cisternový návěs CN 33N od firmy Kobit s.r.o. slouží pro přepravu tekutého asfaltu (někdy také označovaného jako – bitumen) a topných olejů, popřípadě dalších látek dle normy ADR tř.3 – kód L1,5BN. Samonosná nádrž je válcové svařované konstrukce tlakového zásobníku s jednou komorou a technickými přepážkami. Materiál nádrže je nerezová ocel tloušťky 3 mm. Teplota media je až 250 °C , vytápění pomocí páry. Plnicí otvor na horní straně nádrže a vypouštění pomocí tlakování od kompresoru tahače. Celkový geometrický objem je 31 500 dm³.



Obr. 1.1 : cisternový návěs CN 33N od firmy KOBIT s.r.o.

1.1 Cíle diplomové práce

Cílem této diplomové práce je provést výpočet prostupu tepla a přenosu tepelných mostů s ohledem na současnou konstrukci výztužných obručí kolem vnitřního pláště cisterny.

Navrhnout použití nové izolační hmoty s cílem zlepšit přenos tepla mezi vnitřním pláštěm cisterny, izolační hmotou a vnějším pláštěm včetně výpočtu prostupu tepla.

Navrhnout nové řešení konstrukce vnějšího pláště, které by urychlilo, ale také zlevnilo pokrytí nádrže cisterny tepelnou izolací a vnějším obálecím plechem, včetně snížení pohotovostní hmotnosti návěsu.

Pomocí software provést pevnostní kontrolu navržených úprav a páteřních stojin.

Navržené úpravy ekonomicky zhodnotit.

1.2 Současná konstrukce vnějšího pláště

Téma tepelné izolace a konstrukce vnějšího pláště cisternových návěsů pro převoz tekutého asfaltu není v současné době tolik rozšířeno. Tomu nasvědčuje i fakt, že se tomuto tématu nevěnuje žádná diplomová práce za posledních deset let jak v České republice, tak na Slovensku. Hlavním zdrojem informací mi proto byly konzultace a podklady od firmy Kobit s.r.o.

Řešení konstrukce vnějšího pláště vychází původně z klasického návěsu pro převoz tekutin, na který je pak implemtována technologie izolace.

Kolem dokola jsou v rozmezí jednoho metru navařeny výztužné obruče z nerez ocelového pásu o tloušťce 3 mm a šířce 30 mm. Tyto pásy jsou k nádrži přivařeny přes trojúhelníkové mosty z nerez plechu o tloušťce 3 mm a šířce 40 mm, kterých je kolem dokola po obvodu šestnáct.

Vnější plášť cisterny tvoří nerezový plech 0,6 x 1250 AIS 304 (zrcadlový lesk). Jednotlivé pásy plechu jsou k sobě snýtovány a přitlačují izolaci k nádrži. Ve spodní části nádrže jsou ještě mezi jednotlivými obručemi navařeny posuvné hranoly čtvercového průřezu, které drží spodní vnější plechy.

Po naplnění nádrže horkým asfaltem o teplotě až 230 °C dojde vlivem roztažnosti oceli k prodloužení nádrže o 32 mm, a to způsobuje nerovnoměrné a neestetické kroucení vnějšího plechu.

Čela cisterny obalují 5 mm tlusté desky ze skelného polyesterového laminátu od firmy Klenor Choceň s.r.o., které plynule přechází od válcové plochy do kulového vrchlíku.



Obr. 1.2 : detailní pohled na vnější plášť a tepelnou izolaci [1]

1.3 Tepelná izolace cisternového návěsu

1.3.1 Popis a provedení tepelné izolace Rockwool

Tepelná izolace se provádí na ocelový plášť cisterny v tloušťce 80 – 150 mm. Používá se technická izolace od firmy Rockwool – typ Ventizol 35 ALS, který se dodává v tloušťkách 60 -100 mm, a to jako skružovatelná kaširovaná rohož z kamenné vlny (minerální plsti). Pásky kamenné vlny jsou jednostranně nalepeny na nosnou podložku, kterou tvoří hliníková fólie vyztužená skelnou mřížkou. Ta se při montáži napichuje na hroty tzv. „ježky“. Ty tvoří společně s obroučemi tepelné mosty „obr. 1.2“.

Čela izolují desky Rockwool – typ Techrock 40 z kamenné vlny pojené organickou pryskyřicí.

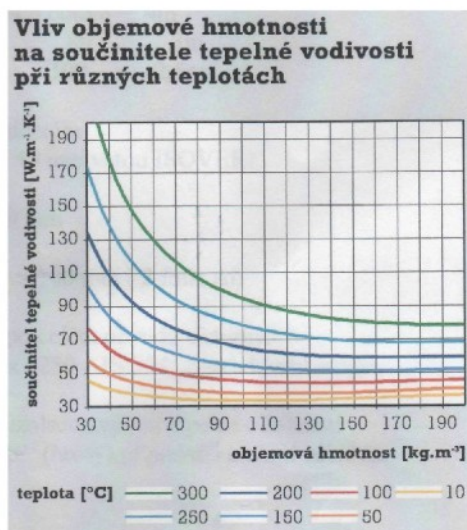
Šířka všech rohoží je 1000 mm. Délka 60 mm tlustého balení je 4 m, 80 mm balení je 3 m a 100 mm balení 2,5 m.

Při síle izolace 80 a 100 mm se dává jedna vrstva rohože. Při síle 150 mm se dává jedna vrstva 60 mm a jedna vrstva 100 mm (2xAl fólie). Maximální provozní teplota 250 °C na straně minerálu.

1.3.2 Základní vlastnosti tepelné izolace Rockwool

Složení : Kamenná vlna vzniká tavením čediče v kupolové peci při teplotě nad 1500°C. Vznikne láva, která se při vytékání na rotující válce změní odstředivou silou na malé kapky, které odlétávají do usazovací komory. Kapky lávy se vlivem velké rychlosti natáhnou a tím vznikne jemné vlákno - základ izolace Rockwool. Vlákna jsou spojena nízkým množstvím organického pojiva a vytvrzena v pecích.

Vodoodpudivost : Materiál obsahuje hydrofobizační olej, který zamezuje pronikání kapalné vlhkosti do izolace. Tyto přísady zamezují i kapilárnímu vztlínání vlhkosti do izolace.



Obr. 1.3 : vlastnosti tepelné izolace Rockwool

Paropropustnost : Izolace z kamenné vlny má velmi nízký difuzní odpor (odpor proti průchodu par). Z tohoto důvodu umožňuje volné odvětrávání vlhkosti. Chemická a biologická netečnost a nízká tepelná roztažnost.

Tepelná vodivost :

Nejdůležitějším parametrem izolačních materiálů z hlediska tepelné ochrany je součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]. Nízký součinitel tepelné vodivosti kamenné vlny je dle typu izolace zaručen i pro teploty až 800 °C .

2. Výpočet prostupu tepla a přenosu tepelných mostů

2.1 Teorie přenosu tepla a hmoty

Přenos tepla se uskutečňuje třemi základními způsoby : vedením, zářením a konvekcí. Základním předpokladem k tomu, aby kterýkoliv z těchto dějů mohl probíhat je existence teplotního rozdílu. Směr přenosu je vždy orientován z místa s vyšší teplotou k místům s nižší teplotní hladinou. Tok energie , předávané částicemi se nazývá tepelným tokem.

2.1.1 Vedení tepla – Fourierův zákon

Pod pojmem vedení neboli kondukce rozumíme šíření tepla bezprostředním dotykem jednotlivých částic tělesa, případně jednotlivých těles, majících různé teploty. Je způsobeno pohybem mikročástic – pružným kmitáním atomů a molekul.

O "čistém" vedení tepla můžeme mluvit nejlépe u pevných těles. Avšak vedení tepla existuje i v kapalinách a plynech, zejména, můžeme-li je uvažovat makroskopicky v klidu. Jsou-li kapaliny a plyny v pohybu, převládá v nich sdílení tepla konvekcí (přestupem).

Při řešení otázek vedení tepla budeme používat fenomenologického přístupu. Tělesa budeme považovat za kontinuum a velikost sledovaných částí bude vždy mnohonásobně větší než je vzdálenost mezi atomy a molekulami v daném tělese.

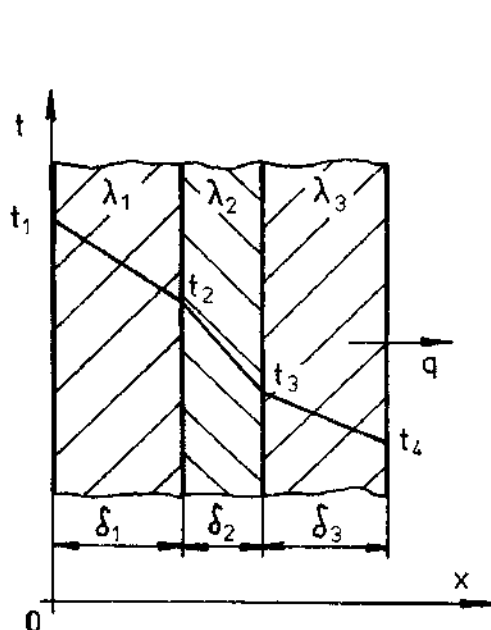
Teplotní pole :

Proces vedení tepla můžeme sledovat s použitím základní stavové veličiny – teploty. Teplota ve sledovaném prostředí může být obecně funkcí místa (souřadnice prostoru x, y, z) a času t .

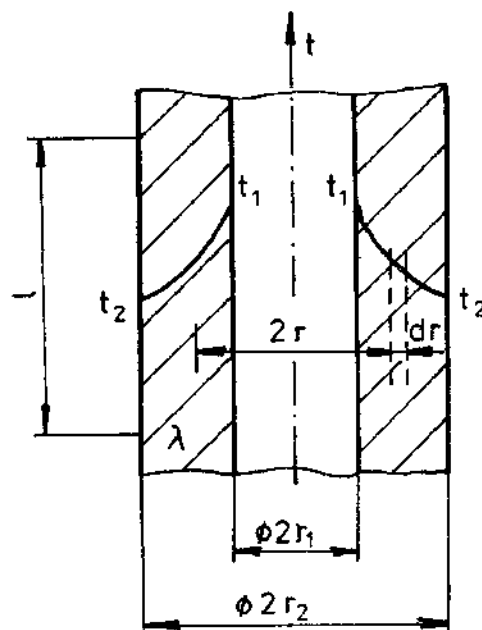
$$T = f(x, y, z, t) \quad (2.1)$$

Tato rovnice je matematickým vyjádřením teplotního pole. Vidíme, že teplotní pole může být obecně proměnné s časem – NESTACIONÁRNÍ, nebo

nezávislé na čase – STACIONÁRNÍ. Podle závislosti na počtu souřadnic x, y, z , může být teplotní pole jednorozměrné, dvojrozměrné a třírozměrné.



Obr. 2.1 : vedení vícevrstevnatou deskou



Obr. 2.2 : vedení válcem

Obr. 2.1 : Stacionární vedení tepla složenou (vícevrstvou) rovinnou stěnou.

Přenos tepla probíhá v desce pouze směru x a má přímkový průběh.

Obr. 2.2 : Stacionární vedení tepla válcovou stěnou bez vnitřních zdrojů tepla. Přenos tepla probíhá ve válci pouze v radiálním směru a má logaritmický průběh.

Teplotní gradient:

Geometrická místa bodů o stejné teplotě se nazývají izotermickými plochami. Největší teplotní spád nastává v normále k izotermické ploše a je charakterizován gradientem teploty :

$$\text{grad } T = \vec{n}_0 * \frac{\partial T}{\partial n} \quad (2.2)$$

kde $\vec{n}_0$ je jednotkový vektor, kolmý k izotermické ploše, s kladným smyslem ve směru stoupající teploty a $\partial T / \partial n$ je derivace teploty podle normály $\vec{n}$.

Fourierův zákon :

V určitém okamžiku můžeme stanovit v každém místě teplotního pole tepelný tok $Q(x, y, z)$ [W]. Vztáhneme-li tepelný tok na jednotku plochy v rovině kolmé ke směru toku, obdržíme vektor hustoty tepelného toku q [W.m⁻²]. Vazbu

mezi hustotou tepelného toku a rozložením teploty v homogenním a isotropním prostředí popisuje Fourierova rovnice :

$$\bar{q} = -\lambda \cdot \text{grad } T \quad [\text{W.m}^{-2}] \quad (2.3)$$

kteřou čteme: hustota tepelného toku je přímo úměrná a opačného znaménka než teplotní gradient. Skalární součinitel λ [$\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$] je důležitou látkovou charakteristikou, kterou nazýváme tepelná vodivost.

Při inženýrských výpočtech je vždy užitečné znát alespoň řádově hodnoty tepelné vodivosti λ nejčastěji užívaných materiálů. Nejnižší vodivost mají plyny, a to řádově 0,01 W/mK. Hodnota tepelné vodivosti plynů s rostoucí teplotou roste, a to přibližně úměrně $\sqrt{T}$. Tepelná vodivost kapalin je řádově 0,1 W/mK. S rostoucí teplotou λ kapalin mírně klesá s výjimkou vody, kde λ od 0° do 100 °C roste. Při odhadu tepelné vodivosti pevných látek rozlišujeme mezi látkami krystalickými, amorfními a kovy. Hodnoty vodivosti krystalických materiálů jsou nepřímo úměrné teplotě, u amorfních materiálů závisí na teplotě jen málo. Vodivosti nekovových materiálů jsou řádově desetiny až jednotky W/mK. Vodivost kovových materiálů je řádově vyšší, jedná se o 10 – 100 W/mK.

2.1.2 Tepelné záření - radiace

Přenos tepla zářením (sáláním) je způsoben elektromagnetickým vlněním, které se šíří v prostoru rychlostí světla $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$. Elektromagnetické záření je charakterizováno svojí vlnovou délkou λ [m] a frekvencí f [s^{-1}], přičemž platí :

$$c = \lambda \cdot f \quad [\text{m.s}^{-1}] \quad (2.4)$$

Tuhé látky, kapaliny a některé plyny emitují, zvláště při vyšších teplotách, energii různých forem. Je to např. Roentgenovo záření používané v lékařství, γ – záření radioaktivních materiálů, ultrafialové záření vzniklé při elektrickém výboji v plynu atd. Viditelné světelné záření má vlnovou délku $\lambda = 0,35$ až $0,75 \mu\text{m}$, infračervené záření - tepelné sálání má $\lambda = 0,8$ až $800 \mu\text{m}$.

Tepelné záření dopadající na povrch tělesa jím může buď projít, být odraženo nebo pohlceno.

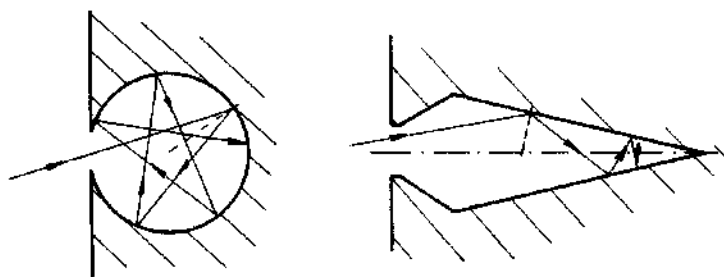
Zářivý tok (výkon) :

Každé těleso vyzařuje do okolí určité množství energie. Celkové množství zářivé energie vyzařené z povrchu tělesa do polokulového prostoru ve všech vlnových délkách označíme W_e [J] a nazveme zářivou energií.

Výkon přenášený tímto zářením nazýváme zářivým tokem (výkonem) a označujeme jej Φ_e [W].
$$\Phi_e = \frac{dW_e}{dt} \quad [W] \quad (2.5)$$

Absolutně černé těleso :

Odvození základních zákonů o záření je založeno na pojmu dokonale černé těleso, tj. tělesa, které pohlcuje veškerou dopadající energii. Takovéto ideální těleso neexistuje. Jeho přibližnou realizací může být dutina, například kulového nebo kuželového tvaru, uvnitř matně černá. Část dopadajícího paprsku se pohltí a zbytek odrazí, což se několikrát opakuje, takže odcházející záření ven z dutiny je téměř nulové.



Obr. 2.3 : realizace absolutně černého tělesa

Dalším důležitým pojmem je vyzařování (intenzita vyzařování) M_e [W*m⁻²]. Vyzařování v daném bodě plošného zdroje je podíl zářivého toku, který vychází z elementární plochy dS a plošného obsahu této elementární plochy.

$$M_e = \frac{\phi_e}{dS} \quad [W.m^{-2}] \quad (2.6)$$

Stefan – Boltzmannův zákon :

Stefan a Boltzmann odvodili, že tzv. dokonalý zářič neboli absolutně černé těleso emituje ve směru normály k povrchu hustotu zářivého tepelného toku :

$$M_{e0} = \vec{q} * \vec{n} = \sigma * T^4 \quad [W.m^{-2}] \quad (2.7)$$

kde σ je tzv. Stefan–Boltzmannova konstanta : $\sigma = 5,67*10^{-8} \text{ W*m}^{-2}\text{K}^{-4}$. Energie emitovaná dokonalým zářičem je úměrná čtvrté mocnině absolutní teploty.

Poměrná zářivost (emisivita) :

Emisivita je podíl vyzařování M_e uvažovaného teplotního zářiče a vyzařování M_{e0} dokonale černého tělesa při stejné teplotě.

$$\varepsilon = \frac{M_e}{M_{e0}} \quad [-] \quad (2.8)$$

Emisivita závisí na látkových vlastnostech tělesa, na teplotě jeho povrchu, stavu povrchu a zejména u kovů na stupni oxidace povrchu.

Čisté kovy s leštěným povrchem mají malou emisivitu, například při teplotě 100 °C obvykle nepřevyšují $\varepsilon = 0,1$. Tedy jejich emisivita je rovna přibližně desetině emisivity dokonale černého tělesa.

Je-li povrch kovu zoxidován, jeho emisivita je podstatně větší, $\varepsilon = 0,5$ i více. Slitiny mají větší ε než čisté kovy. Polovodičové materiály při teplotě 100 °C mívají ε větší než 0,8.

Zásadní rozdíl mezi mechanismy přenosu tepla zářením a vedením spočívá mimo jiné v tom, že zářivý přenos mezi dvěma povrchy o různých teplotách probíhá nezávisle na prostředí, které prostor mezi povrchy vyplňuje.

2.1.3 Přestup tepla – konvekce

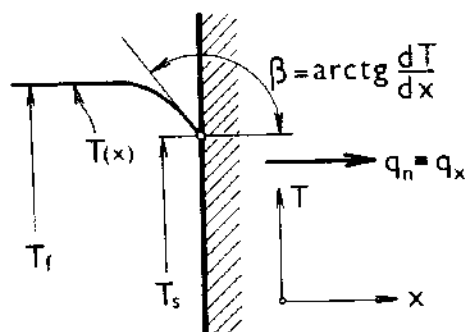
Pojem konvekce je prakticky shodný s pojmem proudění. Konvektivní přenos libovolné fyzikální veličiny se může uskutečnit pouze při makroskopickém pohybu spojitého prostředí tj. při proudění tekutin.

Pro připomenutí : tekutiny se dělí na vzdušiny (plyny a pára) a kapaliny.

Současně s konvekcí probíhá v tekutině kondukce – vedení tepla, daná pohybem mikročástic. Vyskytuje se vždy, stýkají-li se částice o různé teplotě. Konvekční složka v naprosté většině případů převládá nad složkou kondukční, jenž bývá vůči ní velmi malá.

Průběh přestupu tepla :

Jestliže tekutina o teplotě T_f omývá např. rovinou stěnu aparátu o teplotě T_s , bude kvalitativní průběh teploty v blízkosti stěny vypadat tak, jak je naznačeno na „obr 2.4“ .



Obr. 2.4 : kvalitativní průběh přestupu tepla

Pokud bychom znali průběh teplot v tekutině, mohli bychom stanovit hustotu tepelného toku do stěny aparátu z Fourierova zákona tak, že bychom stanovili teplotní gradient v tekutině u stěny a násobili jej tepelnou vodivostí tekutiny. Tento postup vede k výsledkům poskytujícím souhlas se zkušeností a experimentem pouze v případech jednoduché geometrie (rovinná deska, kruhové potrubí) a víceméně jednoznačně definovaném rychlostním poli, např. v laminárním režimu.

Newtonův ochlazovací zákon :

V komplikované geometrii průmyslových aparátů a většinou turbulentním režimu proudění je výpočet teplotního profilu většinou velmi obtížný nebo i neproveditelný. V těchto případech používáme téměř bez výjimky empirický vztah, tzv. Newtonův ochlazovací zákon :

$$\vec{q} \cdot \vec{n} = q_n = \alpha \cdot (T_f - T_s) \quad [W.m^{-2}] \quad (2.9)$$

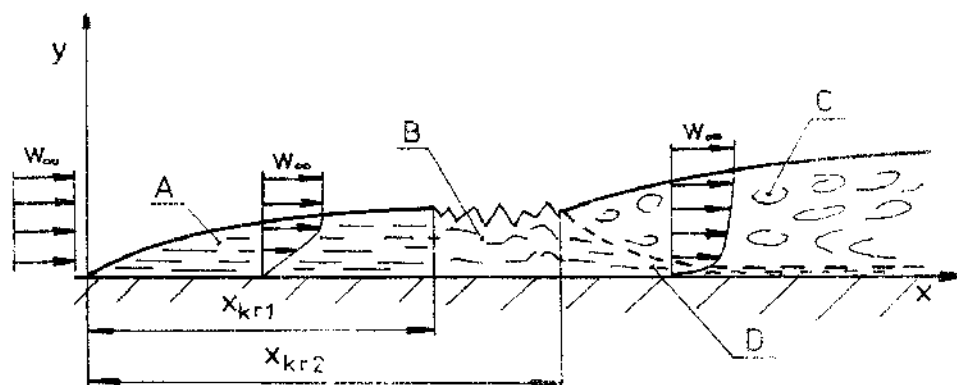
kde parametr α nazýváme v technické praxi součinitel přenosu tepla nebo též přestupu tepla, má jednotku $[W.m^{-2}.K^{-1}]$ a závisí obecně na tak velkém počtu faktorů, že je vhodnější chápat tuto rovnici ne jako zákon, nýbrž jako definici součinitele přestupu tepla α .

Druhy proudění :

Sdílení tepla konvekcí závisí velmi na druhu proudění tekutiny. To může být nucené nebo přirozené (volné). Nucené proudění vzniká působením vnějších sil, bývá vyvozeno čerpadlem, kompresorem apod. Přirozené (volné) proudění vzniká rozdílem hustot různě ohřáté tekutiny (termosifonový efekt).

Z hlediska tvaru proudnic můžeme rozdělit proudění na laminární a turbulentní. Při laminárním proudění se částice tekutiny pohybují navzájem rovnoběžně a nenastává promíchávání uvnitř tekutiny. Při turbulentním proudění je pohyb částic neuspořádaný a dochází k intenzivnímu promíchávání, což způsobuje intenzivnější přenos tepla.

Při obtékání rovinné desky se u povrchu vytvoří laminární mezní vrstva (A), která se v rozmezí vzdálenosti x_{kr1} až x_{kr2} od začátku desky začíná narušovat turbulencemi a přejde v turbulentní mezní vrstvu (C), která má těsně u stěny laminární podvrstvu. Oblast (B) se nazývá přechodovou oblastí „obr. 2.5“.



Obr. 2.5 : obtékání rovinného povrchu (desky)

Čím je větší rychlost proudění, tím je mezní vrstva tenčí. Přenosu tepla klade laminární mezní vrstva mnohem větší odpor, protože se v ní tekutina nepromíchává jako v turbulentní oblasti. Souvisí to i s tím, že viskózní tekutina na stěně lpí. Bezprostředně na stěně je rychlost viskózní tekutiny rovna nule.

Nusseltovo kritérium :

Součinitele přestupu tepla α vypočteme z následující rovnice :

$$Nu = \frac{\alpha * du}{\lambda} \quad [-] \quad (2.10)$$

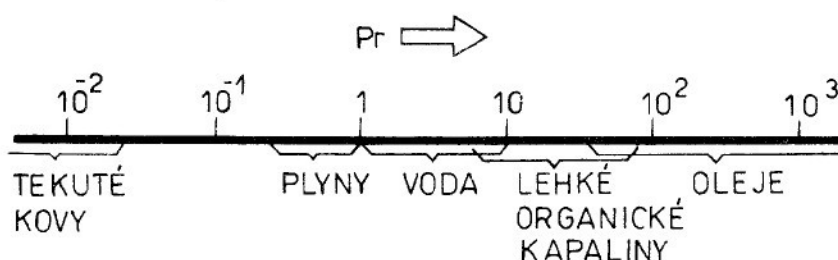
kde Nu je hodnota Nusseltova čísla $[-]$, du je charakteristických rozměr kritériální rovnice $[m]$, λ je tepelná vodivost proudícího média (vzduchu) .

Hodnotu Nusseltova čísla vypočteme z kritériálních rovnic pro daný typ proudění. U volné konvekce je Nusseltovo číslo funkcí Prandtlova a Grashofova čísla. U Nucené konvekce je funkcí dvou hlavních parametrů, a to Reynoldsova a Prandtlova čísla.

Nucená konvekce :

Přechod proudění laminárního v turbulentní je charakterizováno velikostí Reynoldsova čísla Re [-]. Proudění, mající $Re < 10^4$ je vždy laminární. Plně rozvinuté turbulentní nastává při $Re > 4 \cdot 10^6$. Oblast proudění mezi $Re = 10^4$ a $4 \cdot 10^6$ nazýváme přechodovou oblastí.

Prandtlovo číslo vyjadřuje míru podobnosti mezi rychlostním a teplotním polem a lze je též odvodit jako poměr rychlosti molekulárního přenosu hybnosti (vazký člen) ku rychlosti konduktivního přenosu tepla. Toto kritérium závisí pouze na fyzikálních vlastnostech tekutiny „obr 2.6“.



Obr. 2.6 : přibližný odhad Prandtlůva čísla

Závěrem poznamenejme, že základní mechanismy přenosu tepla jsou pouze dva, tj. vedení a záření, pojem konvekce se vždy vztahuje k tekutině.

2.2 Výpočet sdílení tepla podél válcové plochy návěsu

Cisternový návěs má tvar válcové nádoby, která je na návěs přichycena pomocí páteřních stojin a která obsahuje další obslužné a technologické celky nutné pro naplnění, převoz a vytlačení horkého sfaltu z nádoby, včetně pomocného žebříku na boku návěsu „obr. 2.7“.



Obr. 2.7 : cisternový návěs od firmy KOBIT s.r.o.

Výpočet přestupu tepla mezi vnějším plechem a obtékajícím vzduchem je u takto geometricky složitého tělesa téměř nemožný. Proto aplikujeme zjednodušený výpočet prostupu tepla pro vícevrstevnatou válcovou plochu, obtékanou podélně, který simuluje průměrnou rychlost soupravy $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Modelová situace přepravy asfaltu :

V České republice se nejčastěji tankuje tekutý asfalt ve firmě PARAMO s výdejnou v Pardubicích a ten se následně vozí po celé republice, ale i na Slovensko a do Německa. Průměrná dopravní vzdálenost činí 450 km.

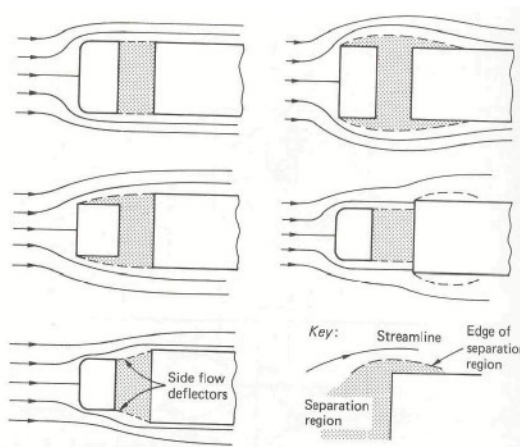
Asfalt se v autocisternách vozí hlavně v době výpravy komunikací v období od března do listopadu. Právě ke konci listopadu, kdy teploty běžně klesají na hodnotu kolem $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dochází vlivem tepelných ztrát a roztažnosti ocelové konstrukce nádrže k neestetickému kroucení vnějšího pláště.

Běžná teplota plnění silničním asfaltem se pohybuje okolo $170 - 180 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Teplota oxidovaného stavebně izolačního asfaltu může dosahovat teploty až $230 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

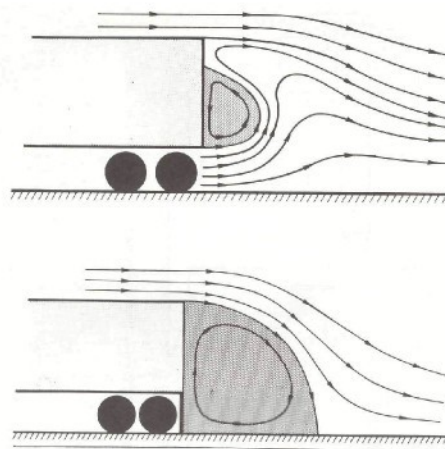
Během přepravy a vyprazdňování nesmí klesnout teplota pod teplotu měknutí asfaltu, která se pohybuje okolo $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

2.2.1 Aerodynamika návěsové soupravy :

Odpor vzduchu má svůj nezanedbatelný vliv na spotřebu paliva. Snahou dnešních výrobců nákladních vozidel, ale i výrobců návěsů je co nejmenší aerodynamický odpor vzduchu. Obrázek 2.8 a 2.9 ukazují obtékání návěsové soupravy vzduchem.



Obr. 2.8 : obtékání návěsové soupravy



Obr. 2.9 : obtékání zádě

2.2.2 Vlastní výpočet pro tloušťku izolace 100 mm

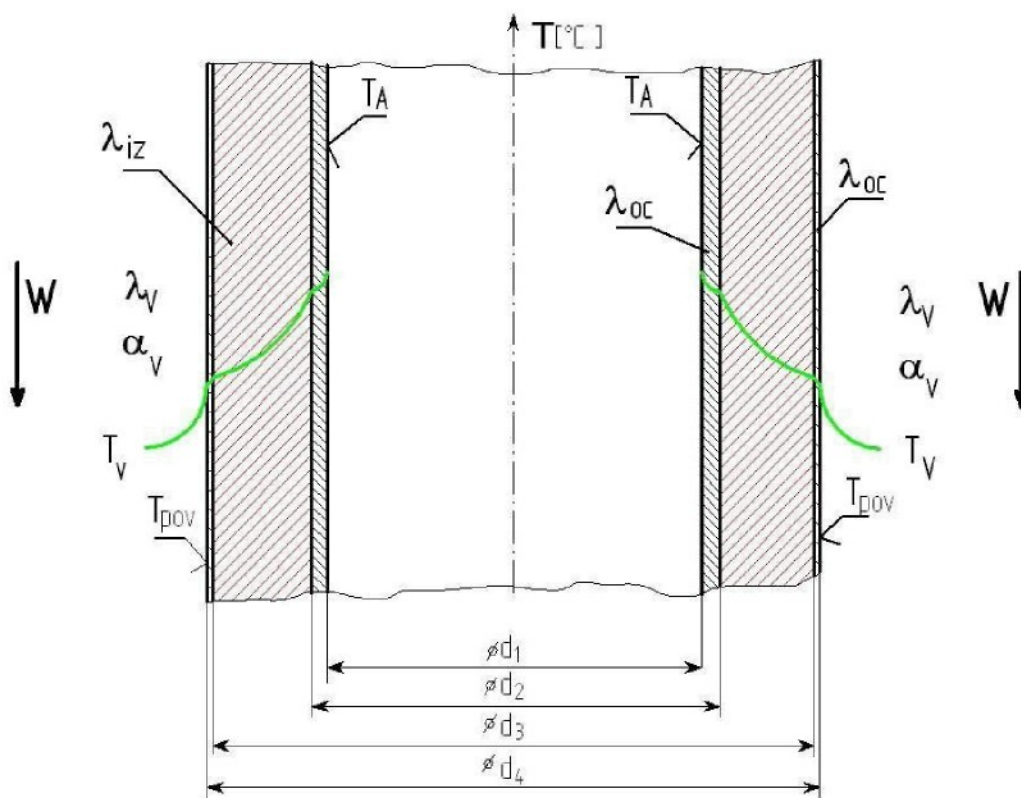
Při výpočtu uvažujeme extrémní podmínky, které mohou v provozu nastat.

Výpočet provedeme pro vodorovné obtékání suchým vzduchem, začne-li pršet, tak se hodnota součinitele přestupu tepla rapidně zvětší.

Stanovit hodnotu součinitele přestupu tepla, když silně prší, je velmi obtížné. Pro přibližnou představu provedeme ještě výpočet přestupu tepla pro svislé a podélné obtékání válcové nádoby vodou.

Odhadovaná rychlost proudění vody po povrchu cisterny urychlené proudícím vzduchem $w = 16,67 \text{ m.s}^{-1}$ v podélném směru je 3 m.s^{-1} .

Odhadovaná svislá rychlost stékání po povrchu vnějšího pláště je 1 m.s^{-1} .



Obr. 2.10 : výpočtové schéma vícevrstevnatého válce

Zelená barva značí průběh teplot při prostupu tepla.

Zadané hodnoty :

- $\varnothing d_1 = 2000 \text{ mm}$ (vnitřní průměr nádrže)
- $\varnothing d_2 = 2006 \text{ mm}$ (nerez plech tloušťky 3 mm)
- $\varnothing d_3 = 2206 \text{ mm}$ (vrstva izolace – 100 mm)

$\varnothing d_4 = 2207,2 \text{ mm}$ (vnější tenký nerez plech – zrcadlový lesk)

$T_A = 230^\circ\text{C}$ (teplota asfaltu je rovna teplo tě na vnitřní straně nádrže)

$T_v = 5^\circ\text{C}$ ($T_{\text{stř}} = 112,5^\circ\text{C}$)

Korozivzdorná chrom – niklová ocel DIN 1.4301 :

Běžná uhlíková ocel (0,5 % C) má λ kolem $50 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, ale s přibývajícemi legurami klesá její součinitel tepelné vodivosti. Detailní parametry a vlastnosti této chrom (18%) – niklové (10%) oceli jsou uvedeny v „Příloha P1“.

$$\lambda_{oc} = 15 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\rho_{oc} = 7900 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$c_{p oc} = 500 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Typ izolace : VENTIZOL 35 ALS – kašírovaná rohož :

Součinitel tepelné vodivosti závisí na střední teplotě, dle DIN 52612.

Vlastnosti a parametry izolace Rockwool jsou uvedeny v „Příloha P2“.

$$\lambda_{iz stř} = 0,0455 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\rho_{iz} = 35 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$c_{p iz} = 840 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Celkový tepelný odpor R prostupu tepla je určen jednotlivými složkami odporů přestupem a vedením.

R_1 je tepelný odpor vedením vnitřního ocelovým pláštěm :

$$R_1 = \frac{\ln \frac{d_2}{d_1}}{2 * \pi * \lambda_{oc}} \quad [\text{m.K.W}^{-1}] \quad (2.11)$$

R_2 je tepelný odpor vedením izolací :

$$R_2 = \frac{\ln \frac{d_3}{d_2}}{2 * \pi * \lambda_{iz}} \quad [\text{m.K.W}^{-1}] \quad (2.12)$$

R_3 je tepelný odpor vedením vnějším ocelovým pláštěm :

$$R_3 = \frac{\ln \frac{d_4}{d_3}}{2 * \pi * \lambda_{oc}} \quad [\text{m.K.W}^{-1}] \quad (2.13)$$

R_4 je tepelný odpor přestupem tepla mezi povrchem vnějším pláště a vzduchem :

$$R_4 = \frac{1}{\pi * d_4 * \alpha_v} \quad [\text{m.K.W}^{-1}] \quad (2.14)$$

Výpočet součinitele přestupu tepla α_v (obtékání vzduchem) :

$$Nu = \frac{\alpha_v * du}{\lambda_v} \Rightarrow \alpha_v = \frac{Nu * \lambda_v}{du} = 32,91 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$$

Kriteriální rovnice :

Velký poloměr nádrže cisternové návěsu => pro výpočet Nusseltova čísla použijeme vztah pro obtékání rovinné desky o délce L ve směru délky desky,
• jak uvádí [4] :

$$Nu = 0,0405 * Re^{0,8} * Pr = 13\,025 \quad (2.15)$$

Výpočet Reynoldsova čísla :

$$Re = \frac{w * du}{\nu_{v50C}} = 1,135 * 10^7 \quad (2.16)$$

kde $w = 16,67 \text{ m.s}^{-1}$ je rychlost proudění, $\nu_{v50C} = 13,95 * 10^{-6} [\text{m}^2.\text{s}^{-1}]$ je kinematická viskozita vzduchu při teplotě 5°C • jak uvádí [3] a du je charakteristický rozměr : $du = 9,5 \text{ m}$ (délka návěsu).

$$Pr = \frac{\nu_{v50C}}{\alpha} = \frac{\nu_{v50C} * c_{p\,v50C} * \rho_{v50C}}{\lambda_{v50C}} = 0,73 \quad (2.17)$$

kde α je součinitel teplotní vodivosti vzduchu $[\text{m}^2.\text{s}^{-1}]$, λ_v
 $50C = 0,024 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, $c_{p\,v50C} = 1006 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ • jak uvádí [3] a ρ_{v50C} je hustota vzduchu, kterou vypočteme ze stavové rovnice plynu.

$$\rho_{v50C} = \frac{p_B}{r * T} = 1,25 \text{ kg.m}^{-3} \quad (2.18)$$

kde $r = 287 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ je měrná plynová konstanta vzduchu, $p_b = 101,3 \text{ kPa}$
 $T = 278,15 \text{ K}$.

$$\begin{aligned} R_1 &= 3,178.10^{-5} \text{ m.K.W}^{-1} & R_2 &= 0,3324 \text{ m.K.W}^{-1} \\ R_3 &= 5,77.10^{-6} \text{ m.K.W}^{-1} & R_4 &= 4,382.10^{-3} \text{ m.K.W}^{-1} \end{aligned}$$

Odpory R_1 a R_3 jsou ve skutečnosti velmi malé, neboť tloušťka plechů je vůči tloušťce izolace malá, proto si je můžeme dovolit zanedbat.

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 0,3368 \text{ m.K.W}^{-1} \quad (2.19)$$

Ztrátový tepelný výkon (vedení a přestup) :

$$q_d = \frac{1}{R} * (T_A - T_v) = 668,05 \text{ W.m}^{-1} \quad (2.20)$$

(na 1 m délky návěsu po obvodu)

$$q_k = \frac{q_d}{\pi * d_4} = 96,34 \text{ W.m}^{-2} \quad (2.21)$$

(na 1 m² vnější teplosměnné plochy)

$$Q_k = L * q_d = 6346,45 \text{ W} \quad (2.22)$$

(celkový tepelný tok)

Ztrátový tepelný výkon (radiace) :

Závisí velmi na teplotě povrchu vnějšího pláště.

$$T_{pov} = T_3 = T_A - q_d * (R_1 + R_2 + R_3) = 8 \text{ °C} \quad (281,15 \text{ K}) \quad (2.23)$$

$$M_{e0 \text{ } 8\text{°C}} = \sigma * T^4 = 354,27 \text{ W.m}^{-2} \quad (2.24)$$

(absolutně černého tělesa)

Hodnota M_{e0} je ideální, v praxi je cisternový návěs at', už jede nebo stojí, obklopen ze všech stran a ze spodu tělesy , které na něj také vyzařují energii. Nezáleží, jak jsou okolní předměty daleko, neboť záření se děje rychlostí světla. Platí zde vztah pro dvě tělesa s rovnoběžnými stěnami a různými teplotami T_X a T_Y , jejichž povrchy lze z hlediska emisivity považovat za absolutně černý.

$$M_{e0 \text{ DT}} = \sigma * (T_X^4 - T_Y^4) \quad [\text{W.m}^{-2}] \quad (2.25)$$

V dalším extrémním případě, budeme-li uvažovat teplotu všech okolních těles (domy, silnice, kabina tahače, podvozek návěsu aj.) 5 °C a budou-li jejich povrchy rovnoběžné z povrchy vnějšího pláště cisternového návěsu , což je dosti nereálné bude hodnota zářivého tepelného toku :

$$M_{e0 \text{ DT}} = 5,67 * 10^{-8} * (281,15^4 - 278,15^4) = 14,88 \text{ W.m}^{-2}$$

Pro náš praktický výpočet volíme poloviční hodnotu mezi oběma extrémy a označíme jako $M_{e0 \text{ PR}}$.

$$M_{e0 \text{ PR}} = \frac{M_{e0 \text{ } 8\text{°C}} + M_{e0 \text{ DT}}}{2} = 184,58 \text{ W.m}^{-2} \quad (2.26)$$

• Jak uvádí [3] ; Emisivita – ocel nerez leštěná při teplotě 40 °C se pohybuje v rozmezí 0,07 – 0,12.

$$\varepsilon_{oc} = 0,05 \quad (\text{Pro } 8^\circ\text{C volím } 0,05)$$

$$q_e = 0,05 \cdot M_{e0PR} = 9,23 \text{ W.m}^{-2} \quad (2.27)$$

$$Q_e = q_e \cdot \pi \cdot d_4 \cdot L = 608,02 \text{ W} \quad (2.28)$$

Celkový ztrátový tepelný výkon válcové plochy (obtékání vzduchem) :

$$Q_{C1} = Q_k + Q_e = 6954,47 \text{ W} \quad (2.29)$$

Volná konvekce :

V případě, že cisternový návěs zastaví na místě, v prostoru kolem něj převládá bezvětrí, pak se přestup tepla mezi vnějším povrchem a okolím změní na volnou konvekci. Hodnota pohybuje kolem $\alpha_v = 5 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$, teplota povrchu by vzrostla na 23°C ($296,15 \text{ K}$) a odpor R_4 vzrostl na $0,0289 \text{ m.K.W}^{-1}$.

Dojde k navýšení zářivého tepelného toku, ale ke snížení Q_k .

Výpočet dle rovnic 2.20, 2.22, 2.27, 2.28 .

$$q_d = \frac{1}{R} \cdot (T_A - T_v) = 622,78 \text{ W.m}^{-2}$$

$$Q_k = L \cdot q_d = 5916,46 \text{ W}$$

$$q_e = 0,05 \cdot M_{e0PR} = 13,30 \text{ W.m}^{-2}$$

$$Q_e = q_e \cdot \pi \cdot d_4 \cdot L = 876,13 \text{ W}$$

Výpočet součinitele přestupu tepla α_{H2O} (obtékání vodou – „déšť“) :

Výpočet součinitele přestupu tepla při podélném obtékání nádrže „vodou“ při odhadované rychlosti proudění $w = 3 \text{ m.s}^{-1}$ (svislé stékání dešťové vody po povrchu nádrže urychlené podélným proudícím vzduchem $w=16,67 \text{ m.s}^{-1}$).

Tento odhad je velmi hrubý, ale po dosazení do kritériálních rovnic pro obtékání rovinné desky dostaneme α_{H2O} .

Hodnoty vody při teplotě 5°C :

$$\lambda_{H2O\ 5^\circ\text{C}} = 0,587 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1} ,$$

$$\nu_{H2O\ 5^\circ\text{C}} = 1,52 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$$

$$\rho_{H2O} = 999,8 \text{ kg.m}^{-3} ,$$

$$c_{p\ H2O} = 1006 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$Pr = 11,05 \quad (\text{rozdílný pro vodu a vzduch})$$

Teplota povrchu klesne na $5,01^\circ\text{C}$ a vzroste hustota tepelného toku.

Typ proudění	w [m*s ⁻¹]	du [m]	α [W/m ² *K]	T _{pov} [°C]	q _k [W/m ²]	Q _k [W]	q _e [W/m ²]	Q _e [W]	Q _{C1} [W]
Vzduch – nucená konvekce	16,67	9,5	32,91	8	96,34	6346,5	9,23	608,02	6954,52
Vzduch – volná konvekce	0	9,5	5	23	89,80	5916,5	13,30	876,13	6791,83
Voda – nucená konvekce	3	9,5	17923	5,01	97,61	6437,2	8,49	559,07	6996,27
Voda – nucená konvekce	1	3,5	9088	5,01	97,72	6437,3	8,49	559,07	6996,37

Tab 2.1 : izolace 100 mm ROCKWOOL – porovnání „déšť“, a suchý vzduch

Obtékání vodou nám téměř neovlivňuje tepelné ztráty, slouží pouze pro ilustraci silného deště.

Rozhodující je tloušťka izolace, proto další výpočty s obtékáním vodou nepočítají.

t [mm]	Typ proudění	α [W/m ² .K]	T _p [°C]	q _k [W/m ²]	Q _k [W]	q _e [W/m ²]	Q _e [W]	Q _{C1} [W]
80	Volná konvekce	5	27,19	110,96	7177,32	14,58	943,19	8120,5
	Nucená konvekce	32,91	8,59	121,14	7835,41	9,38	606,7	8442,11
100	Volná konvekce	5	23,05	89,80	5916,46	13,30	876,13	6791,83
	Nucená konvekce	32,91	8,00	96,34	6346,45	9,23	608,02	6954,52
150	Volná konvekce	5	17,05	60,26	4149,44	11,62	800,22	4949,66
	Nucená konvekce	32,91	6,92	63,13	4346,82	8,75	565,95	4912,77

Tab 2.2 : izolace ROCKWOOL – porovnání tepelných ztrát pro vzduch

2.3 Sdílení tepla na čelech návěsu

Vnější plášť čela tvoří jedna deska z polyesterového skelného laminátu, která má tvar kulového vrchlíku a přes radius přechází plynule do válcové plochy. Cisternová nádrž má dvě stejně velká čela.

Teplosměnná plocha $S_{\check{k}}$ se rozdělí na tři části $S_{vp\check{c}}$, S_{mz} a S_{vrch} :

$$D_{vp\check{c}} = 2,006 \text{ m}, L_{vp\check{c}} = 0,05 \text{ m}, h_{vrch} = 0,212 \text{ m}, R_{vrch} = 2,044 \text{ m}$$

$$D_{mzh} = 2,172 \text{ m}, D_{mzd} = 1,812 \text{ m}$$

$$S_{vp\check{c}} = \pi \cdot D_{vp\check{c}} \cdot L_{vp\check{c}} = 0,315 \text{ m}^2 \quad (\text{kousek válcové plochy}) \quad (2.30)$$

$$S_{mz} = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{mzh}^2 - D_{mzd}^2) = 1,127 \text{ m}^2 \quad (2.31)$$

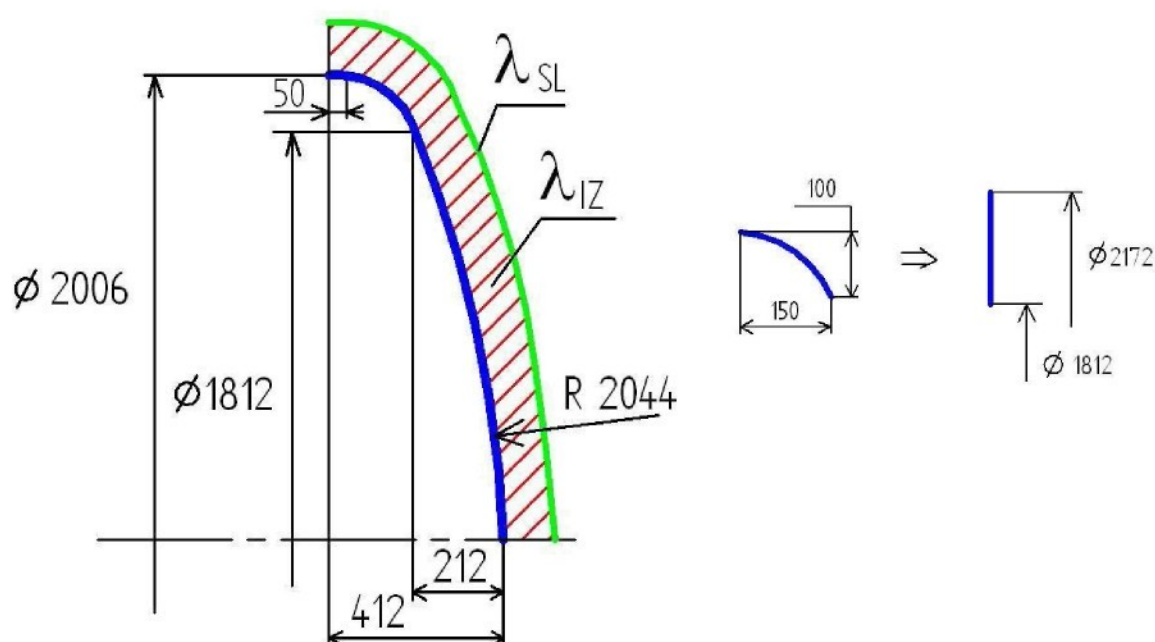
(zaoblení rozvinuté do mezikruží)

$$S_{vrch} = 2 \cdot \pi \cdot R_{vrch} \cdot h_{vrch} = 2,723 \text{ m}^2 \quad (2.32)$$

(obsah kulového vrchlíku)

$$S_{\check{k}} = S_{vp\check{c}} + S_{mz} + S_{vrch} = 4,165 \text{ m}^2 \quad (2.33)$$

(výpočtová teplosměnná plocha pro vedení a konvekci vztažená na vnější povrch ocelové nádrže čela)



Obr. 2.11 : schéma tepelné izolace čela návěsu

Zadané hodnoty :

Parametry nerez oceli a vzduchu jsme uvedli v paragrafu 2.2.2.

Typ izolace : ROCKTECH 40 – tepelně izolační deska :

Součinitel tepelné vodivosti závisí na střední teplotě, dle DIN 52612.

Vlastnosti a parametry izolace Rockwool jsou uvedeny v „Příloha P3“.

$$\lambda_{iz\ stří} = 0,047 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}, \quad \rho_{iz} = 40 \text{ kg.m}^{-3}, \quad c_{p\ iz} = 840 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

Polyesterový skelný laminát :

Monololytická deska tloušťky 5 mm, hladký povrch.

$$\lambda_{SL} = 0,21 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\rho_{SL} = 1600 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$c_{p\ SL} = 1050 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1} \quad \bullet \text{ jak uvádí } \underline{\text{www.tzb-info.cz}} \text{ [15]}$$

$$\varepsilon_{SL} = 0,15 \quad \text{platí pro modrý povrch, emisivita bílého povrchu je menší (0,1).}$$

Ztrátový tepelný výkon (vedení a přestup) :

$$q_k = k \cdot (T_A - T_V) \quad (\text{na } 1 \text{ m}^2 \text{ vnější teplosměnné plochy})$$

$$\text{kde } k \text{ je součinitel vedení tepla rovinné stěny } (k = 1/R). \quad (2.34)$$

$$k = \frac{1}{\frac{\delta_{oc}}{\lambda_{oc}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{iz}} + \frac{\delta_3}{\lambda_L} + \frac{1}{\alpha_V}} = \frac{1}{\frac{0,003}{15} + \frac{0,1}{0,047} + \frac{0,005}{0,21} + \frac{1}{10}} = 0,4441 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1} \quad (2.35)$$

kde δ je tloušťka stěny, λ příslušná tepelná vodivost a α_V je součinitel přestupu tepla vzduchu.

Při obtékání návěsové soupravy se za kabinou tahače a za zádí návěsu, respektive jeho čelem, vytváří vzduchové kapsy, které snižují přestup tepla. Proudící vzduch neustále cirkuluje kolem dokola vnějšího pláště „obr 2.8“ a „obr 2.9“, jak bylo uvedeno v paragrafu 2.2.1.

Hodnota $\alpha_V = 10 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ je odhad po konzultaci s katedrou energetických zařízení, TUL.

$$q_k = 0,4441 \cdot (230 - 5) = 99,93 \text{ W.m}^{-2} \quad (\text{na } 1 \text{ m}^2 \text{ teplosměnné plochy})$$

$$Q_k = 2 \cdot S_{\check{c}\ k} \cdot q_k = \mathbf{832,42 \text{ W}}$$

Ztrátový tepelný výkon (radiace) :

$$T_{\text{pov}} = T_{\text{SL}} = 12,44 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$M_{\text{e0 } 8^{\circ}\text{C}} = \sigma \cdot T^4 = 376,71 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$M_{\text{e0 DT}} = 38,05 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$M_{\text{e0 PR}} = 207,78 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$$

$$\varepsilon_{\text{SL}} = 0,15 \quad q_e = 0,15 \cdot M_{\text{e0}} = 31,12 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$$

Vnější vyzařovací plocha skelného laminátu se mění s tloušťkou izolace.

Její velikost jsme spočítali obdobně jako $S_{\check{k}}$.

Pro 80 mm izolace je to $5,17 \text{ m}^2$, pro 100 mm = $5,35 \text{ m}^2$, 150 mm = $5,99 \text{ m}^2$

$$S_{\check{e}} = 5,35 \text{ m}^2$$

$$Q_e = q_e \cdot 2 \cdot S_{\check{e}} = 333,00 \text{ W}$$

Celkový ztrátový tepelný výkon čela (obtékání vzduchem) :

$$Q_{\text{C2}} = Q_k + Q_e = 1165,42 \text{ W}$$

t [mm]	Typ proudění	α [W/m ² .K]	T_p [°C]	q_k [W/m ²]	Q_k [W]	q_e [W/m ²]	Q_e [W]	Q_{C2} [W]
80	Volná konvekce	5	28	116,69	972,03	44,49	460	1432,03
	Nucená konvekce	10	14,74	123,08	1025,21	32,96	340,81	1366,01
100	Volná konvekce	5	23,8	95,68	796,99	40,70	435,51	1232,49
	Nucená konvekce	10	12,44	99,93	832,42	31,12	333	1165,42
150	Volná konvekce	5	16,05	65,88	548,88	34,03	407,69	956,43
	Nucená konvekce	10	8,26	67,83	564,99	27,88	334,02	899,01

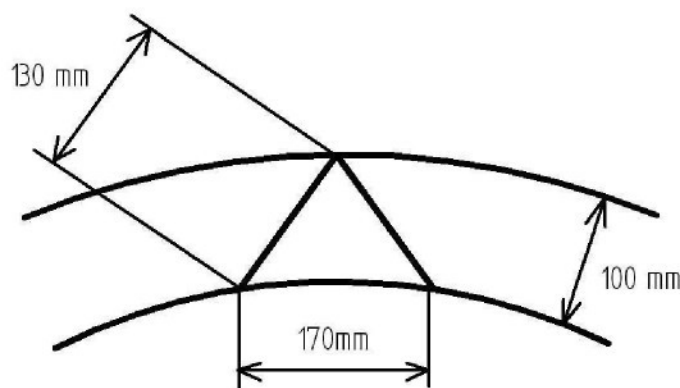
Tab 2.3 : izolace ROCKWOOL – porovnání tepelných ztrát na čelech

2.4 Výpočet přenosu tepelných mostů

2.4.1 Výztužné obruče

Výztužné obruče tvoří významné tepelné mosty. Uplatňuje se u nich hlavně přenos tepla vedením, neboť tepelná vodivost nerez oceli je řádově 100násobně větší než u izolace. Je však nutné vyplnit prostory mezi vnitřním pláštěm, výztužnými obručemi a vnějším pláštěm izolací, protože pak by docházelo k velkému přenosu tepla radiací, jak bylo uvedeno v paragrafu 2.2.2.

Velikost této radiace je dána velkým rozdílem teplot rovnoběžných ploch.



Obr. 2.12 Výztužná obruč – izolace 100 mm

Korozivzdorná chrom – niklová ocel DIN 1.4301 :

Běžná uhlíková ocel (0,5 % C) má λ kolem $50 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, ale s přibývajícimi legurami klesá její součinitel tepelné vodivosti. Detailní parametry a vlastnosti této chrom (18%) – niklové (10%) oceli jsou uvedeny v „Příloha P1“.

$$\lambda_{oc} = 15 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1} \quad \rho_{oc} = 7900 \text{ kg.m}^{-3} \quad c_{p oc} = 500 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

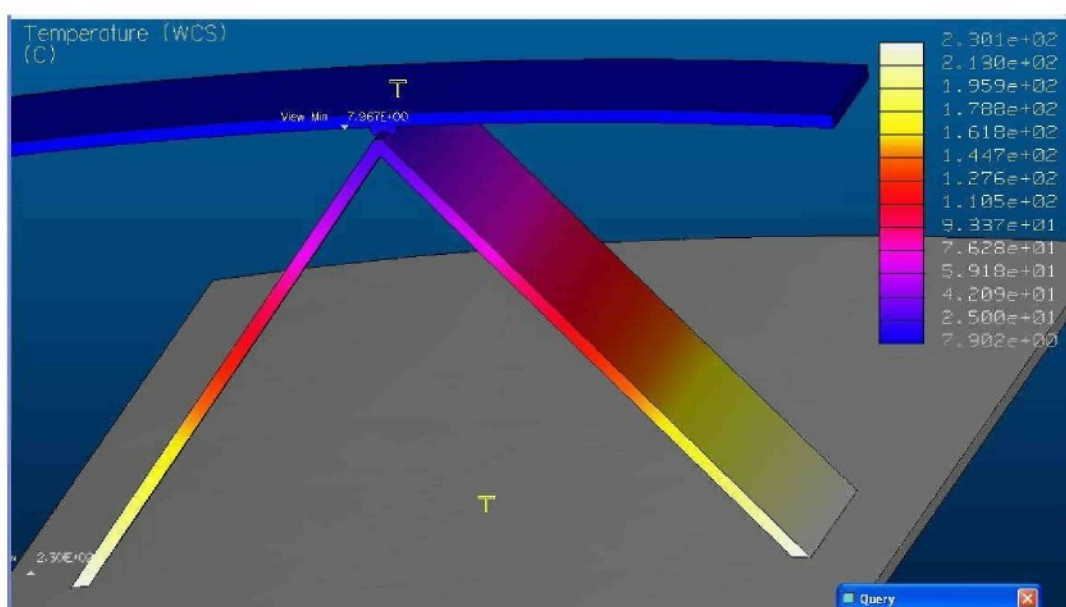
Výpočet přenosu tepla provedeme pouze pro vedení skrze ocelové pásy. Tloušťka pásů je 3 mm, šířka 40 mm. Celkový počet pásů 276. Mění se však délka pásů v závislosti na tloušťce izolace. Celková teplosměnná plocha pro všechny tři typy izolace je stejná $S_{VO} = 0,033 \text{ m}^2$.

$$q_{k VO} = \frac{\lambda_{oc}}{\delta_{VO}} * (T_A - T_V) = 25\,961,53 \text{ W.m}^{-2} \quad (2.36)$$

$$Q_{k VO} = q_k * S_{VO} = \mathbf{858,85 \text{ W}} \quad (2.37)$$

t [mm]	Délka pásu výztužné obruče[mm]	$q_{kVO} [W \cdot m^{-2}]$	$Q_{kVO} [W]$
80	105	32142,86	1060,71
100	130	25961,53	858,85
150	195	17307,69	571,00

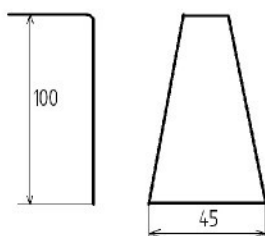
Tab. 2.4 : porovnání tepelných ztrát u výztužných obručí – pouze vedení



Obr. 2.13 : průběh teplot ve výztužných obručí

2.4.2 Napichovací hroty

Celkové tepelné ztráty skrze napichovací hroty, které jsou nastříhány z plechu tloušťky 0,6 mm jsou zanedbatelně malé. $Q_k = 0,35 W$.



Obr. 2.14 : napichovací hrot



Obr. 2.15 : pohled na plášť cisterny s napichovacími hroty

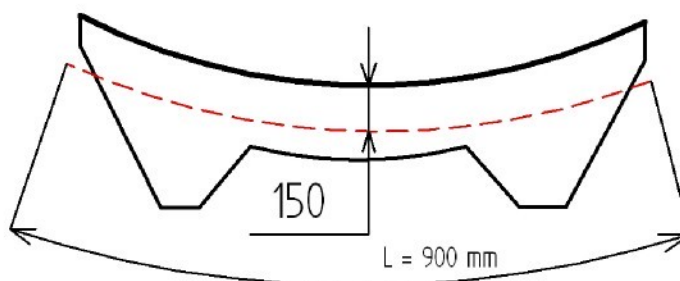
2.4.3. Páteřní stojiny a podpěra

Výpočet přenosu tepla skrze páteřní stojiny převedeme na rovinné vedení tepla plechem páteřní stojiny o tloušťce 4 mm a délce 900 mm. Jedná se o velmi hrubý výpočet, ale velikost tepelného toku má svůj vliv na celkové tepelné ztráty. Páteřních stojin včetně točnice je šest (2xplech). Podpěra nohou je počítána jako polovina páteřní stojiny.

$$S_{PS} = 13 \cdot 0,9 \cdot 0,004 = 0,048 \text{ m}^2 \quad (2.38)$$

$$q_{kPS} = \frac{\lambda_{oc}}{\delta_{PS}} \cdot (T_A - T_V) = 22\,500 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \quad (2.29)$$

$$Q_{kPS} = q_{kPS} \cdot S_{PS} = 1080,54 \text{ W} \quad (2.37)$$



Obr. 2.16 : zjednodušené tepelné ztráty skrze páteřní stojiny

2.6 Celkový přenos tepla návěsu

Je dán součtem tepelných ztrát válcové plochy, čel a tepelných mostů.

t [mm]	Q_{c_1} [W]	Q_{c_2} [W]	Q_{c_3} [W]	Q_c [W]
80	8442,11	1366,01	2141,25	11 949,37
100	6954,52	1165,42	1939,39	10 059,33
150	4912,77	899,01	1651,54	7463,32

Tab. 2.5 : celkové tepelné ztráty s izolací ROCKWOOL

3. Návrh nové izolační hmoty a konstrukce vnějšího pláště

3.1 Současní výrobci cisternových návěsů pro převoz bitumenu



————— Type TSA 30.3-4 GGVS/ADR —————

Obr. 3.1 : cisternový návěs – Feldbinder, [14]

Německý Feldbinder :

Pohotovostní hmotnost 7500 kg, celkový objem nádrže 30 000 dm³.

Tepelná izolace cisternového návěsu se skládá z kamenné vlny o tloušťce 50 mm a 50 mm silné vrstvy z polyuretanové pěny.



Obr. 3.2 : cisternový návěs – Schwarzmüller, [13]

Rakouský Schwarzmüller :

Pohotovostní hmotnost 6300 kg , celkový objem nádrže 31 000 dm³ .

Tepelná izolace z minerální plsti tloušťky 100 mm.

3.2 Návrh použití nové izolační hmoty

Použití pouze samostatné polyuretanové pěny jako izolace neumožňuje její nízká provozní teplota. Většina dostupných PU pěn má oblast použití do 150 °C. Proto se používá ve spojení s kamennou vlnou – viz zmíněný výrobce cisternových návěsů Feldbinder, kde teplota na straně vnějšího povrchu nádrže dosahuje teplot 230 °C.



Obr. 3.2 : izolace ORSIL

Nová izolaci na válcové plochy návěsu je od firmy ORSIL – typ ML 3 a pro čela je použita izolace ORSIL – typ ORSTECH 45.

Rohož ML 3 – ISOVER :

Lamelová rohož jednostranně nalepená na vysoce odolné hliníkové fólii vyztužené mřížkou vhodná na rozvody tepla a TUV, vzduchotechnická potrubí, průmyslové zásobníky do 250 °C a protihlukové izolace potrubí. Maximální teplota použití 260 °C nebo 100 °C na straně polepu. Třída reakce na oheň: A2.

Pokud má izolace vícevrstev, spoje by měly být uspořádány střídavě, aby nedocházelo k tepelným mostům.

Tepelná ochrana – ISOVER :

O vynikajících tepelně izolačních vlastnostech materiálů z minerální vlny Isover a Orsil se můžete přesvědčit v jednotlivých kapitolách katalogu, kde naleznete doporučené výrobky do konkrétních konstrukcí. Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí se řídí dle požadavků uvedených v normě ČSN 73 0540-2 z roku 2002 Tepelná ochrana budov. Tato norma stanovuje tepelně technické požadavky pro správný návrh budov, tak aby byl zajištěn požadovaný stav vnitřního prostředí při jejich užívání.

3.3 Návrh konstrukčního řešení vnějšího pláště

3.3.1 Návrh nových výztužných obručí

Místo stávajících výztužných obručí použijeme dilatačního vlnovce, který je vyroben z nerez plechu tloušťky 1 mm a šířky 60 mm, jak je vidět na „obr. 3.3“.

Distanční vlnovec se nekupuje, jen se nastříhají plechy a ty se potom vytvarují.



Obr. 3.3 : nové výztužné obruče, zdroj [13]

3.3.2 Technologie obalování vnějším plechem

Postup je ten, že se nejdříve na krajích samotné nádrže navaří původní výztužné obruče s trojúhelníkovými podpěrami. Mezi nimi se pro rovnoměrné dodržení tloušťky izolace natáhne pomocný provázek a ve vzdálenosti menší, než je šířka plechů se nabodují distanční vlnovce. Nerovnosti povrchu nádrže je třeba dorovnat vypodložením tak, aby výška všech distančních vlnovců byla stejná s tloušťkou izolace.

Mezi vlnovce se vloží izolace, která se přichytává pomocí pásek jen, aby nespadla. Po obložení celého průměru se stáhne slabými dráty. Způsob obložení není přesně dán, může to být zhora nebo zespoda.

Poté se přikládá opláštění z nerez plechu odshora tak, aby překrytí bylo ve spodní části, další pás pak překrývá ten předhozí. Všechna překrytí tak o 30 mm. Vše se pospojuje provizorně páskou.

Potom se na jednotlivé svislé spoje položí profilová gumová páska a přes ní se vše stáhne vyrobenými pásy z nerez oceli, tzv. objímkami.

Konce objímek jsou zahnuty a opatřeny válečky s dírami a dotaženy k sobě pomocí šroubu s vnitřním šestihranem a samojistnou maticí viz „Obr.3.4“.

Snýtování ve spodní části se provede následně. Tloušťka gumové pásy je 2 mm a tloušťka objímky je 1 mm.

Na jiná místa, kde jsou různé průniky, točna, opěrné nohy apod. se ve vzdálenosti těch 100mm navaří potřebný plocháč a přichyty, ke kterým se plech nýtuje. Tyto místa a všechny přechody se potom překrejí vhodným pružným tmelem. Netmelí se svislé spoje stažené objímkami.



Obr. 3.4 : objímka s gumovým pásem, zdroj [13]

3.4 Výpočet sdílení tepla s izolací ISOVER

3.4.1 Sdílení tepla podél válcové plochy a na čelech

Výpočet sdílení tepla válcové nádoby a čela provedeme stejně jako v článku 2.2 a 2.3.

Typ izolace : Lamelová rohož ML 3 :

Součinitel tepelné vodivosti závisí na střední teplotě, dle DIN 52612.

Vlastnosti a parametry izolace ISOVER jsou uvedeny v „Příloha P3“.

$$\lambda_{iz\ stř} = 0,0597 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$\rho_{iz} = 30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

Typ izolace : ORSTECH 45 – tepelně izolační deska :

Součinitel tepelné vodivosti závisí na střední teplotě, dle DIN 52612.

Vlastnosti a parametry izolace ISOVER jsou uvedeny v „Příloha P3“.

$$\lambda_{iz\ stř} = 0,0605 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$$

$$\rho_{iz} = 35 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

t [mm]	Typ proudění	α [W/m ² .K]	T _p [°C]	q _k [W/m ²]	Q _k [W]	Q _e [W/m ²]	Q _e [W]	Q _{c1} [W]
80	Volná konvekce	5	30,57	127,84	8268,45	15,64	1011,6	9280,00
	Nucená konvekce	32,91	9,43	141,44	9148,41	9,568	618,87	9767,28
100	Volná konvekce	5	25,67	103,8	6838,24	14,14	931,85	7197,11
	Nucená konvekce	32,91	8,43	112,62	7418,55	9,34	615,26	8033,88
150	Volná konvekce	5	18,99	69,96	4817,11	12,16	837,63	5654,7
	Nucená konvekce	32,91	6,95	73,85	5256,25	8,97	617,73	5873,98

Tab. 3.1 : izolace ISOVER – porovnání tepelných ztrát válcové plochy

t [mm]	Typ proudění	α [W/m ² .K]	T _p [°C]	q _k [W/m ²]	Q _k [W]	q _e [W/m ²]	Q _e [W]	Q _{c2} [W]
80	Volná konvekce	5	36,22	145,5	1212,07	52,45	542,36	1754,43
	Nucená konvekce	10	19,36	155,57	1295,89	36,81	380,59	1673,48
100	Volná konvekce	5	29,85	119,88	998,59	46,23	494,67	1493,26
	Nucená konvekce	10	15,77	126,6	1054,64	33,81	361,71	1416,35
150	Volná konvekce	5	20,72	83,23	693,31	37,97	454,91	1148,2
	Nucená konvekce	10	10,76	84,42	719,89	29,79	356,96	1076,86

Tab. 3.2 : izolace ISOVER – porovnání tepelných ztrát na čelech

3.4.2 Výpočet tepelných mostů

Výpočet tepelných mostů se řídí novou konstrukcí výztužných obručí a odstraněním napichovacích hrotů, jak bylo naznačeno v paragrafu 2.4.1 a 2.4.3. Tloušťka dilatačního vlnovce je 1 mm a šířka je 60 mm. Celkem $7 \times 64 = 448$.

Do výpočtu přenosu tepla pomocí tepelných mostů se uplatňují 2x původní krajní obruče a 7x nový dilatační vlnovec. Vše pro tloušťky 80, 100, 150 mm.

Prostup skrze páteřní stojiny je stejný jako u původního řešení Rockwool.

t [mm]	Q _{c1} [W]	Q _{c2} [W]	Q _{c3} [W]	Q _c [W]
80	9767,28	1673,48	2461,40	13 902,16
100	8033,88	1416,35	2186,74	11 636,97
150	5873,98	1076,86	1818,26	8769,1

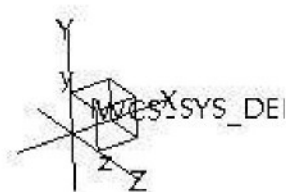
Tab. 3.3 : celkové tepelné ztráty s izolací ROCKWOOL

4. Pevnostní kontrola provedných úprav pomocí software

4.1 Pevnostní analýza původního řešení

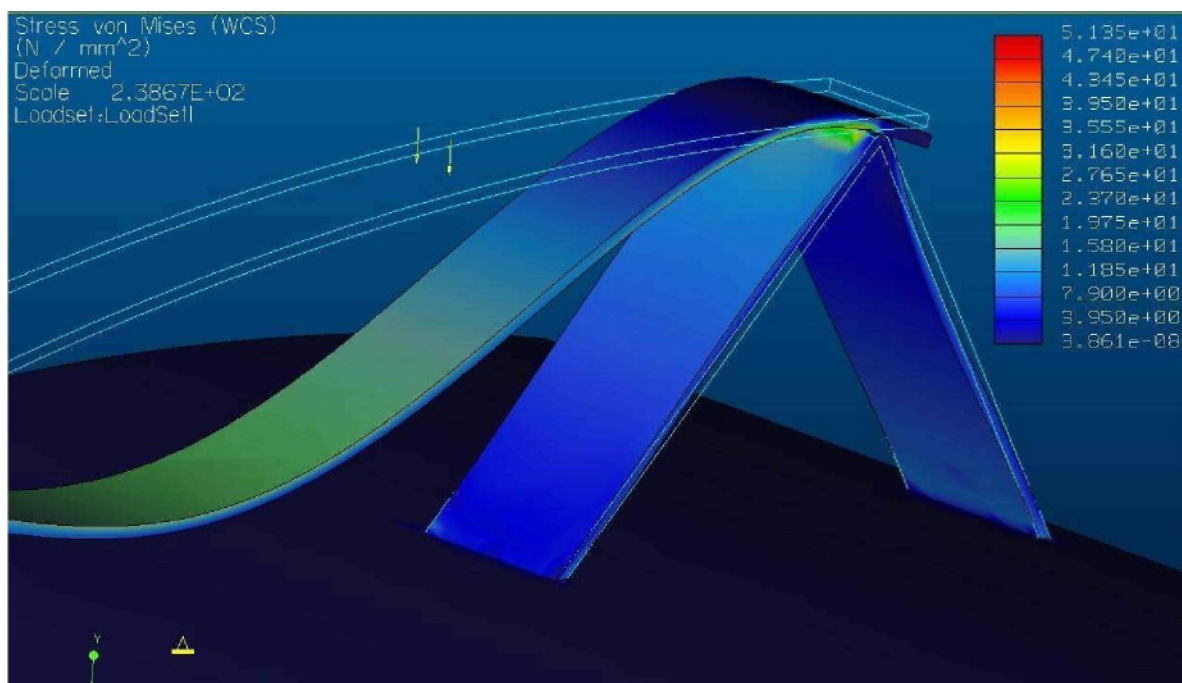
K simulaci byl použit software PRO/MECHANICA.

Simulace pro zatížení silou $F = -1000 \text{ N}$ (100kg) ve směru y.

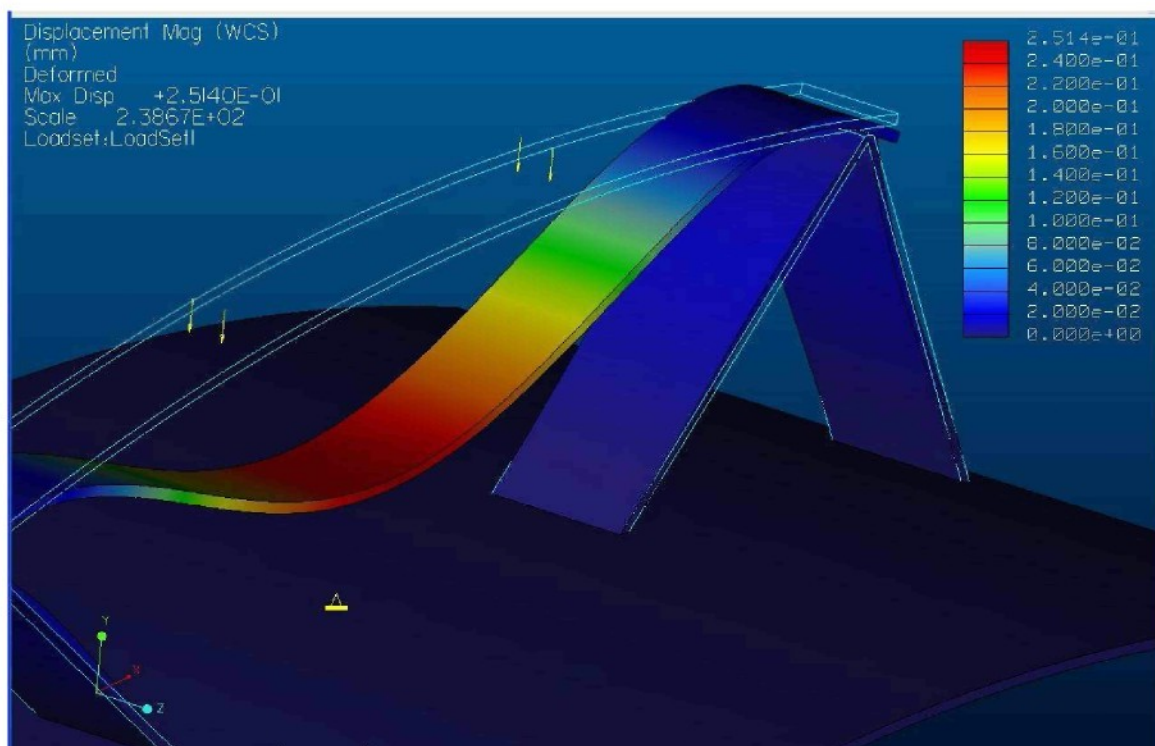


Obr. 4.1 souřadnicový systém

Hodnota maximálního napětí 51,35 MPa v místě svaru.



Obr. 4.2 : napětí výztužné obruče

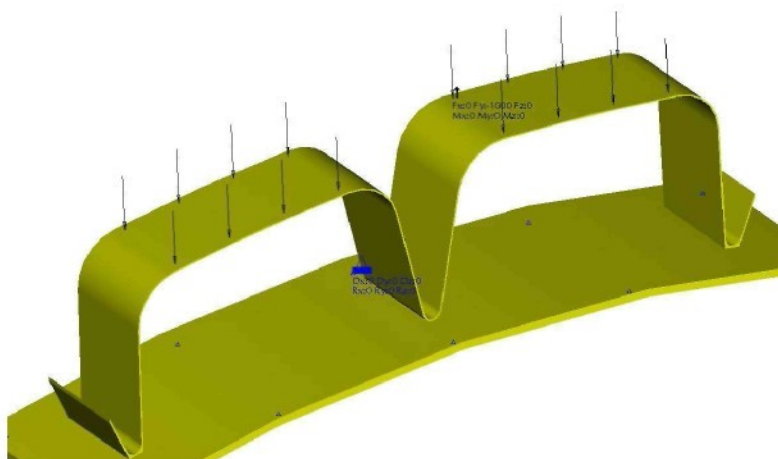


Obr. 4.3 : posuvy výztužné obruče

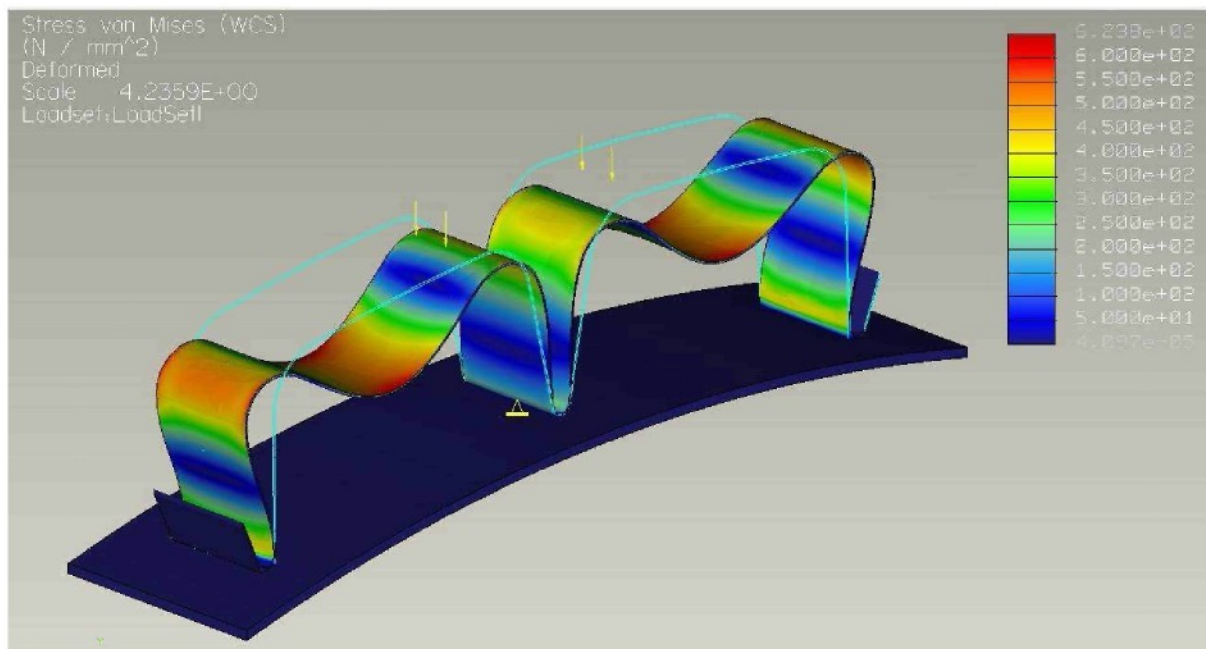
Hodnota maximálního posuvu je 0,25 mm.

4.2 Pevnostní analýza nového řešení

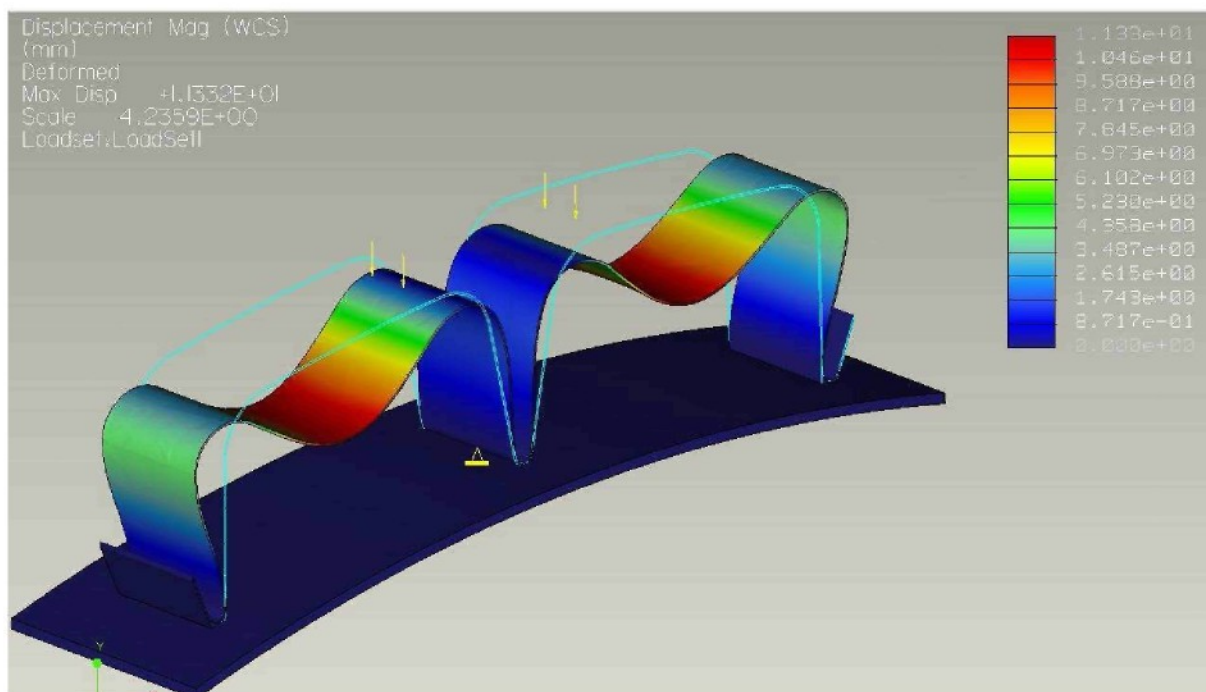
Zatížení silou 1000 N pouze na vnějších plochách. Souřadný systém je shodný jako v článku 4.1.



Obr. 4.4 : zatěžující síla



Obr. 4.5 : napětí v distančním vlnovci



Obr. 4.6 : posuvy distančního vlnovce

Maximální hodnoty napětí 623 MPa a posuvu 11,33 mm jsou extrémní, ve skutečnosti bude namáhání vlnovce daleko menší. Tlak vyvinutý na vlnovec se rozprostírá přes objímku a gumovou pásku na větší plochu. Zatížení vlnovce bude spíše tlakové než ohybové.

5. Ekonomické zhodnocení navržených úprav

5.1 Výpočet mezd

Odstraněním pracného navařování napichovacích hrotů jsme ušetřili 10 pracovních hodin. Jedná se o odhad po konzultacích s firmou Kobit. Tabulka 5.1 popisuje reijinní náklady firmy KOBIT na zaměstnance.

P Mzdy - 85 až 95Kč	260	10	105 Kč	1 050 Kč
P Mzdy - poj a ostat= 35,36%			35,36%	375 Kč
P Mzdy - režie = 410%			500,00%	4 305 Kč
Celkem mzdy				5 730 Kč

Tab. 5.1 : mzdová tabulka KOBIT s.r.o.

5.2 Kalkulace materiálových nákladů

Tabulka 5.2 ukazuje úsporu hmotnosti nové ocelové konstrukce o 24,33 kg pro referenční tloušťku izolace 100 mm.

Pokud uvažujeme cenu 50,- Kč za jeden kilogram nerez oceli DIN 1.4301, potom je zde úspora 1216,- Kč. Cena leštěného tenkého plechu, ze kterého jsou vyrobeny napichovací hroty se pohybuje okolo 190,- Kč za kilogram, což znamená úsporu 756 Kč, ale tu je třeba vykompenzovat cenou gumových pásů cca 180,- Kč.

Původní řešení	Výztužné obruče [kg]		Posuvné hranoly [kg]	Napichovací hroty [kg]	Celkem [kg]
	(9x)		(16x)	(249x)	
	67,82		32,84	3,98	104,64
Nové řešení	Výztužné obruče [kg]		Objímka [kg]	Gumový pás [kg]	Celkem [kg]
	krajní původní (2x)	vnitřní nové (7x)	(7x)	(7x)	
	15,76	38,43	19,22	6,90	80,31

Tab. 5.2 : porovnání hmotností konstrukce vnějšího pláště

	Válcová plocha [kg]	Čela [kg]	Celkem [kg]
ROCKWOOL	219,88	36,80	256,67
ISOVER	188,47	41,40	229,87

Tab. 5.3 : porovnání hmotnosti nové a původní izolace

Nová izolace je o 26,8 kg lehčí.

Ceníky izolací jsou uvedeny v „Příloha P2“ a „Příloha P3“.

Typ izolace	Cena celkem bez DPH [kč]	Cena celkem s 19% DPH [kč]
ROCKWOOL	16387	19500
ISOVER	16078	19133

Tab. 5.4 : cenové srovnání izolace

Celková úspora pro v konstrukci vnějšího pláště a 100 mm tlusté izolace jako referenční tloušťky je 7889,- Kč.

Celková úspora hmotnosti je 51,13 kg.

6. Závěr

Diplomová práce v první části popisuje současný stav konstrukce vnějšího pláště a tepelné izolace pro převoz bitumenu.

Následující kapitola vysvětluje základní principy přenosu tepla a hmoty, zabývá se poměrně detailně výpočtem prostupu tepla mezi vnitřním a vnějším pláštěm cisternového návěsu. Velká část této kapitoly je věnována prostupu tepla skrze válcovou plochu a čela návěsu, včetně výpočtu tepelných mostů. Výpočet se vztahuje na konkrétní modelovou situaci přepravy horkého asfaltu, která v běžném provozu může nastat.

Třetí kapitola analyzuje současné výrobce cisternových návěsů a zabývá se návrhem konstrukčního řešení nových výztužných obručí, tzv. dilatačních vlnovců. Je zde také proveden návrh na použití nové izolační hmoty Isover.

V další kapitole je proveden pevnostní výpočet provedených úprav výztužných obručí. Pevnostní analýzu páteřních stojin nebylo možné provést, protože firma Kobit s.r.o. nedodala potřebné materiály pro provedení adekvátní analýzy stojin. Stojiny jsou základními nosnými prvky cisterny a jejich případný špatný návrh zeslabení by ohrozil bezpečnost silničního provozu.

Poslední část obsahuje ekonomické zhodnocení provedených úprav.

Co se týče bodů zadání diplomové práce, tak všechny body byly splněny, důvody absence pevnostní analýzy stojin jsou uvedeny níže.

Přínos nové konstrukce je hlavně ve snížení její hmotnosti a tedy i ceny za vstupní materiál, při zachování funkčnosti. Nová izolace ISOVER má sice horší tepelné vlastnosti, ale ty mají zanedbatelný vliv na funkci. Tepelná kapacita horkého asfaltu je dostatečně velká pro běžnou přepravu.

Celkově se podařilo snížit pohotovostní hmotnost návěsu a ušetřit nemalé finanční prostředky při obalování cisternového návěsu vnějším pláštěm.

7 Seznam použité literatury

- [1] Technické podklady firmy KOBIT s.r.o.
- [2] Šesták, J., Rieger, F.: Přenos hybnosti, tepla a hmoty. Skriptum ČVUT, Praha 2004.
- [3] Šesták, J., Bukovský, J., Houška, M.: Tepelné pochody – Transportní a termodynamická data. Skriptum ČVUT, Praha 2004.
- [4] Hejzlar, R.: Sdílení tepla. Skriptum ČVUT, Praha 2004.
- [5] Urbášek, J.: Termomechanika a mechanika tekutin. TUL, Liberec 2005.
- [6] Vlk, F.: Podvozky motorových vozidel, Nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno, 2003.
- [7] Šalamoun, Č.: Motorová vozidla IV. Skriptum ČVUT, Praha 1991.
- [8] Smith, H.: An introduction to modern vehicle design. Butterworth – Heinemann Ltd., 2002.
- [9] Leinveber, J., Vávra, P.: Strojnické tabulky, Pedagogické nakladatelství ALBRA, Úvaly, 2003.

Internetové stránky :

- [10] www.kobit.cz internetové stránky firmy KOBIT s.r.o.
- [11] www.rockwool.cz internetové stránky firmy Rockwool
- [12] www.isover.cz internetové stránky firmy Isover
- [13] www.schwarzmueller.cz internetové stránky firmy Schwarzmüller CZ
- [14] www.feldbinder.cz internetové stránky firmy Feldbinder
- [15] www.tzb-info.cz stránky o technických zařízeních budov
- [16] www.paramo.cz internetové stránky firmy PARAMO Pardubice
- [17] www.klenor.cz internetové stránky firmy Klenor s.r.o.

Příloha 1

Technický list : Austenitická korozivzdorná ocel DIN 1.4301

WNr. (číslo materiálu) 1.4301		Cr-Ni austenitická korozivzdorná ocel				OCEL Kurzname (značka) X5CrNi18-10					
Chemické složení [hm. %]											
C	Si	Mn	P	S ¹⁾	Cr	Ni	N				
max 0,07	max 1,00	max 2,00	max 0,045	max 0,015	17,0–19,5	8,00–10,5	max 0,11				
Normy DIN											
DIN EN 10088 /1-3-95 korozivzdorné oceli											
DIN EN 10028/7-97 ploché výrobky z ocelí na tlakové nádoby; korozivzdorné oceli											
DIN EN 100222/5-00 výkovky z ocelí na tlakové nádoby; martenzitické, austenitické a austeniticko-fertické korozivzdorné oceli											
DIN EN 10250/4-00 volné výkovky z ocelí pro všeobecné použití; korozivzdorné oceli											
DIN EN 10269-99 oceli a niklové slitiny na upevňovací části pro zvýšené a/nebo snížené teploty											
DIN 4133-91 ocelové komíny											
DIN 5512/3-91 oceli na kolejová vozidla; ploché výrobky z korozivzdorných ocelí											
DIN 17440-96 korozivzdorné oceli; plech, pás válcovaný za tepla a válcované tyče na tlakové nádoby, tažený drát a výkovky											
DIN 17441-97 korozivzdorné oceli; pás válcovaný za studena na tlakové nádoby											
DIN 17442-77 vývalky, výkovky a odlitky z korozivzdorných ocelí na lékařské nástroje											
Mechanické vlastnosti											
Rozměr t, d [mm]			≤ 6 ²⁾	≤ 12 ³⁾	≤ 75 ⁴⁾	≤ 160 ⁵⁾ 10)		161–250 ⁵⁾			
Stav			po rozpouštěcím žhání								
Mez kluzu R _{p0,2} [MPa] min			230 ⁶⁾	210 ⁶⁾		190 ⁶⁾					
Mez kluzu R _{p1,0} [MPa]			260 ⁶⁾	250 ⁶⁾		225 ⁶⁾					
Mez pevnosti R _m [MPa]			540–750	520–720		500–700					
Tažnost A [%] min			45 ⁶⁾ 7)		45 ⁶⁾	45 ⁹⁾	35 ⁶⁾ 9)				
Kontrakce Z [%]											
Nárazová práce KV [J]	podél min	–	90		100 ⁹⁾		–				
	napříč min	–	60		–		60 ⁹⁾				
Tvrdost HB max			–	–		215 ⁹⁾					
Modul pružnosti E [GPa]			200								
Rozměr t _R [mm]			250 ¹¹⁾								
Stav			po rozpouštěcím žhání								
Mez kluzu R _{p0,2} [MPa] min			200								
Mez kluzu R _{p1,0} [MPa]			230								
Mez pevnosti R _m [MPa]			500–700								
Tažnost A %	podél min	45									
	napříč min	35									
Nárazová práce KV [J]	podél min	100									
	napříč min	60									
KV ⁻¹⁹⁶ [J]		napříč min	60								
Modul pružnosti E [GPa]			200								
Min. hodnoty meze kluzu R _{p0,2} a R _{p1,0} a meze pevnosti R _m při zvýšených teplotách (stav po rozpouštěcím žhání)											
Teplota [°C]		100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
Mezi kluzu [MPa]	R _{p0,2}	155	140	127	118	110	104	98	95	92	90
	R _{p1,0}	190	170	155	145	135	129	125	122	120	120
Mez pevnosti R _m [MPa]		450	420	400	390	380	380	380	375	360	335
Hodnoty pevnosti v tahu, tažnosti a nárazové práce ve zpevněném stavu											
Označení		C700	C800	C850	C1000	C1150	C1300				
Mez pevnosti R _m [MPa]		700–850	800–1000	850–1000	1000–1150	1150–1300	1300–1500				
Tažnost A [%] min		20	12	–	–	–	–				
Nárazová práce	KV [J] min	80	–	–	–	–	–				

Mechanické vlastnosti při nízkých teplotách		
Teplota [°C]	-150	-196
Mez kluzu $R_{p0,2}$ [MPa] min	370	400
Mez pevnosti R_m [MPa] min	1400	1500
Tažnost A [%] min	40	35
Nárazové práce KV [J] min	60	60

Hodnoty modulu pružnosti E při zvýšených teplotách

Teplota [°C]	100	200	300	400	500
Modul pružnosti E [GPa]	194	186	179	172	165

Fyzikální vlastnosti

Hustota	Měrná tepelná kapacita	Teplotní součinitel roztažnosti	Tepelná vodivost	Rezistivita
ρ [kg . m ⁻³]	c_p [J . kg ⁻¹ . K ⁻¹]	α [K ⁻¹]	λ_t [W . m ⁻¹ K ⁻¹]	[Ω . mm ² . m ⁻¹]
7 900	500	16.10 ⁻⁶	15	0,73

Odolnost proti degradačním procesům

ODOLNOST PROTI MEZIKRYSTALOVÉ KORÓZI

– v dodávaném stavu: ano

– po zcitlivění: ne

Technologické údaje

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

rozpuštěcí žhání 1000–1100 °C ochlazovat ve vodě nebo na vzduchu³⁾

TVARITELNOST

teploty tváření 1200–900 °C ochlazovat na vzduchu

SVARITELNOST

svaritelná všemi obvyklými postupy

Použití

Přístroje v potravinářském průmyslu (svaritelná, dobře lešitelná, zvláště hlubokotažná, odolná proti opotřebení).

Ostatní vlastnosti

magnetovatelnost: ne

Porovnání se zahraničními materiály

ISO		EURO		Česká republika	
X5CrNi18-9E	ISO 4954-93	X5CrNi18-10	EN 10088/1-3-95	X5CrNi18-10	ČSN EN 10088/1-3-97
X5CrNi18-9	ISO 9328/5-91	X5CrNi18-10	EN 10028/7-97	X5CrNi18-10	ČSN EN 10028/7-99
X5CrNi18-9	ISO 9329/4-97	X5CrNi18-10	EN 10222/5-00	17 240	ČSN 41 7240
X5CrNi18-10	ISO 6931/2-89	X5CrNi18-10	EN 10250/4-00		

Poznámky

¹⁾ pro výrobky určené k obrábění je doporučen a povolen obsah S = 0,015–0,030 %

²⁾ pás válcovaný za studena

³⁾ pás válcovaný za tepla

⁴⁾ plech válcovaný za tepla

⁵⁾ tyče a válcované dráty

⁶⁾ napříč

⁷⁾ pro materiál rovnáný protahováním je min hodnota o 5% nižší

⁸⁾ nad 2 mm tloušťky pouze ve vodě

⁹⁾ pro válcované dráty platí pouze hodnota meze pevnosti

¹⁰⁾ pro profily a tyče s $t \leq 35$ mm tvářené za studena platí: HB = max 315, $R_m = 500–900$ MPa, A = min 36%

¹¹⁾ výkovky

Příloha 2

Ceník a technický list : Tepelná izolace ROCKWOOL

Technické izolace - rohože

NAZEV	tl. mm	Hé / m	m / bal.	TECHNICKÉ ÚDAJE	POPIS
LAROCK 40 ALS 	25	89,00	5	Šířka: 1 000 mm hydrofobizováno	Skružovatelná lamelová rohož polepená hliníkovou fólií se skleněnou mřížkou (ALS). Použití pro tepelnou a zvukovou izolaci technologických zařízení - potrubí, kotlů, vzduchotechnického potrubí. Rohož je tlakově zatížitelná. Max. provozní teplota 250 °C.
	30	98,00	5		
	40	116,00	5		
	50	135,00	4		
	60	154,00	3		
LAROCK 65 ALS 	30	121,00	5	Šířka: 1 000 mm hydrofobizováno	Skružovatelná lamelová rohož polepená hliníkovou fólií se skleněnou mřížkou (ALS). Použití pro tepelnou, zvukovou a protipožární izolaci technologických zařízení - potrubí, kotlů, vzduchotechnického potrubí. Rohož je tlakově zatížitelná. Max. provozní teplota 250 °C.
	40	145,00	5		
	50	169,00	4		
	60	193,00	3		
	80	241,00	2,5		
VENTIZOL 35 ALS 	30	78,00	5	Šířka: 1 000 mm hydrofobizováno	Izolační rohož s polepem hliníkovou fólií se skleněnou mřížkou (ALS) pro tepelnou a zvukovou izolaci vzduchotechnického potrubí, nádrží, atd. Materiál není tlakově zatížitelný. Max. provozní teplota 250 °C.
	40	99,00	5		
	60	141,00	4		
	80	183,00	3		
	100	225,00	2,5		
WM 65 ZINC 	40	148,00	5	Šířka: 1 000 mm hydrofobizováno	Rohož s našitým drátěným pozinkovaným pletivem určená pro tepelnou, zvukovou a protipožární ochranu technologických zařízení. Max. provozní teplota 650 °C.
	50	166,00	4		
	60	183,00	3		
	80	218,00	2,5		
	100	252,00	2		
WM 80 ZINC 	40	167,00	5	Šířka: 1 000 mm hydrofobizováno	Rohož s našitým drátěným pozinkovaným pletivem určená pro tepelnou, zvukovou a protipožární ochranu technologických zařízení. Max. provozní teplota 700 °C.
	50	196,00	4		
	60	225,00	3		
	70	254,00	2,5		
	80	283,00	2,5		
WM 80 ALU ZINC 	40	231,00	5	Šířka: 1 000 mm hydrofobizováno	Rohož s našitým drátěným pozinkovaným pletivem a vložkou hliníkovou fólií (ALU). Určená pro tepelnou, zvukovou a protipožární ochranu technologických zařízení. Max. provozní teplota 700 °C.
	50	260,00	4		
	60	289,00	3		
	70	319,00	2,5		
	80	348,00	2,5		
WM 105 ZINC 	40	189,00	5	Šířka: 1 000 mm hydrofobizováno	Rohož s našitým drátěným pozinkovaným pletivem určená pro tepelnou, zvukovou a protipožární ochranu technologických zařízení, komínových těles, výfuků, atd. Max. provozní teplota 750 °C.
	50	230,00	4		
	60	270,00	3		
	80	351,00	2,5		
	100	433,00	2		
RTD 80 ZINC 	30	195,00	4	Šířka: 800 mm hydrofobizováno	Rohož s našitým drátěným pozinkovaným pletivem určená pro tepelnou, zvukovou a protipožární ochranu technologických zařízení. Max. provozní teplota 700 °C. AS kvalita.
	40	229,00	3		
	50	263,00	2,5		
	60	296,00	2		
	70	330,00	2		
	80	363,00	1,5		
	90	397,00	1,5		
RBM 100 ZINC 	30	225,00	4	Šířka: 800 mm hydrofobizováno	Rohož s našitým drátěným pozinkovaným pletivem určená pro tepelnou, zvukovou a protipožární ochranu technologických zařízení. Max. provozní teplota 700 °C. AS kvalita.
	40	276,00	3		
	50	326,00	2,5		
	60	376,00	2		
	70	427,00	2		
	80	477,00	1,5		
	90	528,00	1,5		
KIJMAROCK 45 ALS 	20	145,00	10	Šířka: 800 mm hydrofobizováno	Skružovatelná lamelová rohož nové generace polepená hliníkovou fólií se skleněnou mřížkou (ALS) s vysokou odolností proti roztřesení. Použití pro tepelnou a zvukovou izolaci technologických zařízení - potrubí, kotlů, vzduchotechnického potrubí. Rohož je tlakově zatížitelná. Max. provozní teplota 250 °C. AS kvalita.
	30	183,00	8		
	40	222,00	6		
	50	260,00	5		
	60	298,00	4		
	80	375,00	3		
	100	452,00	2,5		

Všechny výše uvedené materiály mají klasifikaci stupně hořlavosti ČSN 73 0862: třída B – nesnadno hořlavé.

Rohože WM, RTD 80 a RBM 100 lze dodat rovněž v provedení s nerezovým pletivem (INOX).

U výrobků s polepem (ALU, ALS) je nutno termín dodání konzultovat s výrobcem.

Povrchová úprava ALU (jen u rohože na drátěném pletivu WM 80 ALU ZINC): čistá nevyztužená hliníková fólie.

Povrchová úprava ALS: skleněnou mřížkou vyztužená hliníková fólie, se zvýšenou mechanickou odolností.

Technické izolace - desky

NÁZEV	tl. mm	Kč / m ²	m ² / kus	TECHNICKÉ ÚDAJE	POPIS
TECHROCK 40	40	59,00	7,5	Rozměry: 500 × 1 000 mm μ = 2 hydrofobizováno	Izolační deska pro izolaci technologických zařízení (kotlů, nádrží a výměníků, vzduchotechnických potrubí, atd.). Střední objemová hmotnost 40 kg/m ³ . Max. provozní teplota 280 °C.
	50	74,00	6		
	60	88,00	5		
	80	118,00	4		
	100	147,00	3		
	120	176,00	2,5		
	140	206,00	2		
	160	235,00	2		
	180	265,00	1,5		
TECHROCK 60	40	77,00	6	Rozměry: 500 × 1 000 mm μ = 2 hydrofobizováno	Izolační deska pro izolaci technologických zařízení (kotlů, nádrží, výměníků, atd.). Střední objemová hmotnost 60 kg/m ³ . Max. provozní teplota 350 °C.
	50	96,00	5		
	60	115,00	4		
	80	154,00	3		
	100	192,00	2,5		
	120	230,00	2		
	140	269,00	1,5		
	160	307,00	1,5		
	180	346,00	1		
TECHROCK 80	40	83,00	6	Rozměry: 500 × 1 000 mm μ = 2 hydrofobizováno	Izolační deska pro izolaci technologických zařízení (kotlů, nádrží, výměníků, atd.). Polepená ALS fólií je určena pro požární izolace pravouhlých VZT potrubí - systém PYROROCK. Střední objemová hmotnost 80 kg/m ³ . Max. provozní teplota 550 °C.
	50	104,00	5		
	60	125,00	4		
	80	166,00	3		
	100	208,00	2,5		
	120	250,00	2		
	140	291,00	1,5		
	160	333,00	1,5		
	180	374,00	1		
TECHROCK 100	20	57,00	10	Rozměry: 500 × 1 000 mm μ = 2 hydrofobizováno	Izolační deska pro izolaci technologických zařízení (kotlů, nádrží, výměníků, kouřovodů, komínů, atd.). Střední objemová hmotnost 100 kg/m ³ . Max. provozní teplota 650 °C.
	30	86,00	8		
	40	114,00	5		
	50	143,00	4,5		
	60	171,00	4		
	80	228,00	3		
	100	285,00	2		
	120	342,00	2		
	140	399,00	1,5		
TECHROCK 120	40	129,00	4	Rozměry: 500 × 1 000 mm μ = 2 hydrofobizováno	Izolační deska pro izolaci technologických zařízení (kotlů, nádrží, výměníků, kouřovodů, komínů, atd.). Střední objemová hmotnost 120 kg/m ³ . Max. provozní teplota 750 °C.
	50	161,00	3		
	60	194,00	3		
	80	258,00	2		
	100	323,00	1,5		
TECHROCK 150	40	172,00	3	Rozměry: 500 × 1 000 mm μ = 2 hydrofobizováno	Izolační deska pro izolaci technologických zařízení (kotlů, nádrží, výměníků, kouřovodů, komínů, atd.). Střední objemová hmotnost 150 kg/m ³ . Max. provozní teplota 750 °C.
	50	215,00	2		
	60	258,00	2		
	80	344,00	1,5		
	100	430,00	1		
	120	516,00	1		

Všechny výše uvedené materiály mají klasifikaci stupně hořlavosti ČSN 73 0862: třída B – nesnadno hořlavé.

DALŠÍ SORTIMENT

Rockwool, a. s., dále dodává desky RPB 9, RPB 12 a RPB 15 z importu. Tyto výrobky mají nízký obsah pojiva, AŠ kvalitu, vysokou požární odolnost. Pro více informací kontaktujte našeho specialistu pro technické izolace.

DESKY S POLEPEM

Desky Techrock 40, Techrock 60, Techrock 80 a Techrock 100 je možno v tloušťkách od 40 do 120 mm dodat s jednostranným, případně oboustranným polepem hliníkovou fólií se skleněnou mřížkou (ALS) nebo netkaným černým (bílým) skleněným roumem - označení FB1 (FW1). Příplatek za jednostrannou úpravu je 80,- Kč/m² k základní ceně desky, za oboustrannou úpravu 120,- Kč/m². Nestandardní rozměry desek s polepem (1 000 × 1 000 mm nebo 1 000 × 1 200 mm) jsou dodávány na paletách. Výrobky s polepem jsou zařazeny do skupiny „C“.

Systém PYROROCK

Systém protipožární izolace pravouhlého vzduchotechnického potrubí vodorovného a svislého. Skládá se z izolačních desek Techrock 80 ALS a navařovacích trnů pro kotvení izolace. Systém zajišťuje požární odolnost při požáru zvnějšku EI 30 a 45 (minut) při tloušťce desky 40 mm, EI 60 (minut) při tloušťce desky 60 mm. Doplněk – páska ALS na přelepení spojů. Trny nejsou předmětem dodávky Rockwool.



Ceny platí pro přímé smluvní odběratele a jsou uvedeny v Kč bez DPH.

TECHNICKÉ IZOLACE

VENTIZOL 35 ALS

SKRUŽOVATELNÝ PÁS KAŠÍROVANÝ ALS FÓLIÍ

POPIS VÝROBKU

Izolaci tvoří hydrofobizovaný pás z kamenné vlny (minerální plsti). Pásky jsou jednostranně nalepeny na nosnou podložku, kterou tvoří hliníková fólie vyztužená skelnou mřížkou (ALS).

OBLAST POUŽITÍ

Pro izolaci vzduchotechnického potrubí a klimatizace. Materiál je vhodný pro využití v nenáročných aplikacích.

VLASTNOSTI KAMENNÉ VLNY ROCKWOOL

Tepelněizolační schopnosti. Nehořlavost – ochrana proti šíření plamene a požáru. Zvuková pohltivost. Vodoodpudivost a odolnost proti vlhkosti – deska je v celém objemu hydrofobizovaná. Paropropustnost. Rozměrová stálost.

BALENÍ

Pásky VENTIZOL 35 ALS se dodávají v rolích zabalených do smrštitelné PE fólie, a to ve standardních délkách, popřípadě délkách sjednaných se zákazníkem. Hmotnost jedné role nepřesahuje 20 kg. ROCKWOOL je zapojen do systému sdruženého plnění povinností zpětného odběru a využití odpadů z obalů „Systém tříděného sběru v obcích EKO-KOM“.

ROZMĚRY, VÝROBNÍ SORTIMENT A BALENÍ

Tloušťka (mm)	30	40	60	80	100	120
Šířka (mm)	1 000					
m ² / role	5	5	4	3	2,5	2

Nestandardní a v tabulce neuvedené rozměry výrobků po dohodě s ROCKWOOL, a. s.

TECHNICKÉ PARAMETRY

Vlastnost	Označení	Hodnota		Jednotka	Norma	
Stupeň hořlavosti	-	B		-	ČSN 73 0862	
Hygienická nezávadnost	Schváleno Krajskou hygienickou stanicí Ostrava – zkušební laboratoř č. 1118 akreditovaná ČIA – č. protokolu 2840/2001 a 1647/2002					
Závislost tepelné vodivosti λ_m * na střední teplotě t_m	t_m	50	100	150	°C	DIN
	λ_m	0,040	0,044	0,050	W.m ⁻¹ .K ⁻¹	52612
Střední objemová hmotnost	ρ_s	tl. 30 mm	40	kg.m ³		ČSN EN 1602
		tl. > 30 mm	35			
Maximální provozní teplota	-	max. 250 **		°C	-	
Měrná tepelná kapacita	C_p	840		J.kg ⁻¹ .K ⁻¹	ČSN 73 0540	
Bod tání	t_i	> 1 000		°C	DIN 4102	
Certifikát	070-022177			TZÚS Praha, Autorizovaná osoba č. 204		
Systém řízení jakosti	ISO 9001:2001 – certifikát č. 00134			Bureau Veritas Quality International CS (BVQI), s. r. o. Praha		
Systém péče o životní prostředí	ISO 14001:1996 – certifikát č. 140888			Bureau Veritas Quality International CS (BVQI), s. r. o. Praha		

* Orientační hodnoty λ_m stanoveny výpočtem.

** Teplota na vnější straně (na hliníkové fólii) nesmí přesáhnout 100 °C.

Informace obsažené v tomto technickém listě vypovídají o vlastnostech výrobků platných v době vydání. Vzhledem k neustálému vývoji materiálů může docházet ke změnám jejich vlastností.

ROCKWOOL®

specialista na technické izolace
tel.: 606 702 056, fax: 582 337 835

Více informací získáte na www.rockwool.cz

Rockwool, a. s.

U Háje 507/26, 147 00 Praha 4, tel.: 241 029 611, fax: 241 029 622,
e-mail: info@rockwool.cz, technické poradenství: ☎ 800 161 161

TECHNICKÉ IZOLACE

TECHROCK 40, 60, 80, 100, 120, 150

TEPELNĚIZOLAČNÍ DESKA

POPIS VÝROBKU

Deska z kamenné vlny (minerální plsti) pojená organickou pryskyřicí, hydrofobizovaná v celém objemu.

BALENÍ

Desky jsou baleny v polyetylenové fólii s označením výrobce a základními údaji o výrobku na štítku. Mohou být dodány i na paletách. ROCKWOOL je zapojen do systému sdruženého plnění povinností zpětného odběru a využití odpadů z obalů „Systém tříděného sběru v obcích EKO-KOM“.

VLASTNOSTI KAMENNÉ VLNY ROCKWOOL

Teplněizolační schopnosti. Nehořlavost – ochrana proti šíření požáru. Zvuková pohltivost. Vodoodpudivost – desky jsou v celém objemu hydrofobizovány. Paropropustnost. Tvarová stálost.

OBLAST POUŽITÍ

Desky Techrock je možno použít pro izolaci rovných a mírně zakřivených ploch průmyslových a energetických zařízení (kotle, pece apod.).

ROZMĚRY, VÝROBNÍ SORTIMENT A BALENÍ

tloušťka (mm)	20	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180
Délka x šířka (mm)	1 000 x 500										
Techrock 40 - m ² / balík	-	-	7,5	6	5	4	3	2,5	2	2	1,5
Techrock 60 - m ² / balík	-	-	6	5	4	3	2,5	2	1,5	1,5	1
Techrock 80 - m ² / balík	-	-	6	5	4	3	2,5	2	1,5	1,5	1
Techrock 100 - m ² / balík	10	8	5	4,5	4	3	2	2	1,5	-	-
Techrock 120 - m ² / balík	-	-	4	3	3	2	1,5	1,5	-	-	-
Techrock 150 - m ² / balík	-	-	3	2	2	1,5	1	1	-	-	-

Nestandardní velikosti materiálů Techrock 40, 60, 80, 100, 120, 150 je možné vyrobit po dohodě s ROCKWOOL, a. s.

TECHNICKÉ PARAMETRY

Vlastnost	Označení	Hodnota				Jednotka				Norma	
Stupeň hořlavosti	B	-				-				ČSN 73 0862	
Hygienická nezávadnost	Schváleno Krajskou hygienickou stanicí Ostrava – zkušební laboratoř č. 1118 akreditovaná ČIA – č. protokolu 2840/2001 a 1647/2002										
Součinitel tepelné vodivosti při 25°C Techrock 40; 60; 80; 100; 120; 150	λ_k *	0,038; 0,036; 0,035; 0,037; 0,039; 0,041				W.m ⁻¹ .K ⁻¹				ČSN 72 7540	
Závislost tepelné vodivosti λ_m na střední teplotě t_m	λ_m *	t_m *	50	100	150	200	250	300	350	°C	DIN
		λ_m *	0,040	0,045	0,053	0,064	0,078	—	—	W.m ⁻¹ .K ⁻¹	EN ISO 8497 : 96
			0,040	0,045	0,053	0,064	0,078	0,102	—		
			0,039	0,045	0,053	0,064	0,078	0,095	0,119		
			0,039	0,044	0,051	0,061	0,073	0,088	0,106		
			0,040	0,044	0,050	0,059	0,069	0,083	0,098		
			0,042	0,045	0,051	0,058	0,067	0,078	0,092		
Střední objemová hmotnost Techrock 40; 60; 80; 100; 120; 150	ρ_a	40; 60; 80; 100; 120; 150				kg.m ⁻³				ČSN EN 1602	
Maximální provozní teplota Techrock 40; 60; 80; 100; 120; 150	-	250*; 350*; 550*; 650*; 750*; 750*				°C				DIN 4102	
Měrná tepelná kapacita	c_p	840				J.kg ⁻¹ .K ⁻¹				ČSN 73 0540	
Bod tání	t_f	> 1 000				°C				DIN 4102	
Certifikát	070-022207					TZÚS Praha, Autorizovaná osoba č. 204					
Systém řízení jakosti	ISO 9001:2001- certifikát č. 00134					Bureau Veritas Quality International CS (BVQI), s. r. o. Praha					
Systém péče o životní prostředí	ISO 14001:1996 – certifikát č. 140868					Bureau Veritas Quality International CS (BVQI), s. r. o. Praha					

* Orientační hodnoty λ_m stanoveny výpočtem.

Informace obsažené v tomto technickém listě vypovídají o vlastnostech výrobků platných v době vydání. Vzhledem k neustálému vývoji materiálů může docházet ke změnám jejich vlastností.

ROCKWOOL®

specialista na technické izolace
tel.: 606 702 056, fax: 582 337 835

Více informací získáte na www.rockwool.cz

Rockwool, a. s.

U Háje 507/26, 147 00 Praha 4, tel.: 241 029 611, fax: 241 029 622,
e-mail: info@rockwool.cz, technické poradenství: ☎ 800 161 161

Příloha 3

Ceník a technický list : Tepelná izolace ISOVER

TECHNICKÝ LIST VÝROBKU **ML3 (VENTILAM ALU)**

Charakteristika výrobku

Izolační lamelová rohož vyrobená z kvalitní skelné plsti ISOVER s RAL - značkou jakosti podle bezpečnostních předpisů o chemikáliích a EU-směrnice 97/69. Kontrola jakosti podle VDI 2055 a HeizAnIV. Výroba je založena na metodě rozvláknování taveniny skla a dalších příměsí a přísad. Vytvořená minerální vlákna se v rámci výrobní linky zpracují do finálního tvaru desek, ze kterých jsou pak řežány lamely. Hydrofobizace dle AGI Q 136.

Použití

Lamelové rohože ML 3 jsou jednostranně nalepené na vysoce odolné, hliníkové fólii vyztužené mřížkou. Nabízí možnost širokého použití v domovních a průmyslových tepelných zařízeních, ve vzduchotechnice, klimatizaci, větrání, i pro stavbu lodí. Rohože je nutné pro venkovní použití chránit vhodným způsobem, (např. oplechování). Zařídění izolačního materiálu: izolace provozních zařízení podle AGI Q 132: 11.05.99.26.03.

Použití do teploty 260 °C. Nad teplotou 150°C dochází k vypařování pojiva. Tloušťka rohože musí být volena tak, aby teplota na straně s hliníkovou fólií nepřesáhla 100 °C.

Balení, transport, skladování

Rohože ML 3 jsou baleny do rolí v PE fólii a musí být dopravovány v krytých dopravních prostředcích za podmínek vylučujících jejich navlhnutí nebo jiné znehodnocení. Skladují se v krytých prostorech naležato.

Rozměry, izolační vlastnosti

Označení	Tloušťka (mm)	Rozměry (mm)	Balení (m ³)
Isover ML3	20	600 x 10000	12,00
Isover ML3	30	600 x 8000	9,60
Isover ML3	40	600 x 6000	7,20
Isover ML3	50	600 x 5000	6,00
Isover ML3	60	600 x 4000	4,80
Isover ML3	70	600 x 3500	4,20
Isover ML3	80	600 x 3000	3,60
Isover ML3	90	600 x 2500	3,00
Isover ML3	100	600 x 2500	3,00

Technické parametry

Parametr		Jednotka	Hodnota				Norma		
Charakteristický součinitel tepelné vodivosti $\lambda_{R,S}$ měřeno na potrubí		°C	10	50	100	150	200	250	-
Podle normy DIN 52 613		W/(m.K)	0,037	0,042	0,050	0,063	0,077	0,095	-
Charakteristický součinitel tepelné vodivosti $\lambda_{R,D}$ měřeno v ploše		°C	0	50	100	150	200	250	-
Podle normy DIN 52 612		W/(m.K)	0,036	0,044	0,056	0,071	0,088	0,107	-
Výpočtová hodnota součinitele tepelné vodivosti λ_R pro tl. 20 mm		W/(m.K)	0,040				HeizAnIV		
Objemová hmotnost		kg/m³	30				EN 1602		
Požární technické vlastnosti	Stupeň hořlavosti	-	Třída hořlavosti 2				DIN 4102		
		-	nehořlavý				IMO Resolution A.472(XII)		
		-	B - nespodno hořlavé				ČSN 730 862		
Charakteristická objemová tíha		kN/m³	0,30				ČSN EN 1991-1-1 ČSN EN 1990		
Maximální teplota použití / na straně polepu, teplota degradace pojiva		°C	260 / 100, 150				AGI Q 132/ -,-		
Propustnost pro vodní páru MU	Ekvivalentní difúzní tloušťka s_d	m	≥ 100 m				DIN 52 615		
Chemické vlastnosti:			AS kvalita				ASTM C 795-92		
- bez silikonů, sulfidů			Hydrofobizace materiálu				AGI Q 136		
- bez látek způsobujících korozi									

Související dokumenty

- Certifikát C-2003-0382/P CSI a.s., Praha
- Stavebně technické osvědčení STO 2003 - 0547P CSI a.s., Praha



Přednosti

- velmi dobré tepelné izolační schopnosti
- velmi dobrá pohltivost zvuku
- požární ochrana
- ekologická a hygienická nezávadnost
- vodoodpudivost - izolační materiály ISOVER jsou hydrofobizované
- dlouhá životnost a po celou dobu neměnné fyzikální vlastnosti
- odolnost proti dřevokazným škůdcům, hnilobě a hmyzu
- snadná opravitelnost - výrobky lze řežat

Uvedené informace jsou platné v době vydání technického listu. Výrobce si vyhrazuje právo tyto údaje měnit.

15. 6. 2005

SAINT-GOBAIN ORSIL s.r.o.
Masarykova 197, 517 50 Částolovice
e-mail: info@isover.cz, www.isover.cz



Obchodní ředitelství Praha
Čermákova 7, 120 00 Praha 2 - Vinohrady
Tel.: 221 429 610, Fax: 221 429 677

TECHNICKÝ LIST VÝROBKU ORSTECH 45

Charakteristika výrobku

Izolační desky vyrobené z minerální plsti Orsil. Výroba je založena na metodě rozvláknování taveniny směsi hornin a dalších přísad. Vytvořená minerální vlákna se v rámci výrobní linky zpracují do finálního tvaru desek. AS kvalita dle AGI Q 135 a dle ASTM C795-92 - izolace nerezových technologických zařízení. Hydrofobizace dle AGI Q 136.

Použití

Desky z minerálních vláken vhodné zejména pro izolace potrubí vzduchotechniky. Desky je nutné v konstrukci chránit vhodným způsobem. Lze je dodat i s povrchovou úpravou, tzv. polepem. Pro venkovní použití je nutné použít vhodné opláštění plechem. Mohou být vyráběny s povrchovou úpravou polepem hliníkovou fólií (ozn. ORSTECH 45 H) nebo netkanou textilií (ozn. ORSTECH 45 NT). Při zátěži materiálu například spalninami, či jejich kondenzátem, případně pak mechanickým namáháním, jako jsou opakované vibrace, je potřebné odsouhlasit s výrobcem správné použití výrobku.

Maximální teplota použití: 250 °C. U desky s polepem musí být tloušťka izolace volena tak, aby na straně polepu teplota nepřesáhla 100 °C. Při teplotách nad 150 °C dochází k uvolňování pojiva. Zatřídění izolačního materiálu: Izolace provozních zařízení dle AGI Q 132: 12.07.20.26.05

Balení, transport, skladování

Výrobky ORSTECH 45 jsou baleny do PE fólie a musí být dopravovány v krytých dopravních prostředcích za podmínek vylučujících jejich navlhnutí nebo jiné znehodnocení. Skladují se v krytých prostorách naležato.

Rozměry, izolační vlastnosti

Označení	Tloušťka (mm)	Rozměry (mm)	Balení (m ²)
ORSTECH 45	40	1000 x 500	6,0
ORSTECH 45	50	1000 x 500	5,0
ORSTECH 45	60	1000 x 500	4,0
ORSTECH 45	80	1000 x 500	3,0
ORSTECH 45	100	1000 x 500	2,5
ORSTECH 45	120	1000 x 500	2,0

Doplňkové označení povrchové úpravy: NT - polep sklovláknitou netkanou textilií, H - polep armovanou hliníkovou fólií

Technické parametry

Parametr		Jednotka	Hodnota				Norma		
Charakteristický součinitel tepelné vodivosti λ_0		°C	50	100	150	200	250	-	-
Podle normy EN 12 667		W/(m.K)	0,050	0,058	0,068	0,082	0,102	-	-
Objemová hmotnost		kg/m³	45				EN 1602, DIN 52 275		
Požární technické vlastnosti	ORSTECH 45 a ORSTECH 45NT: Reakce na oheň	-	A1				ČSN EN 13501-1		
	ORSTECH 45H: Reakce na oheň - doplňková klasifikace na tvorbu kouře, plamenné hořící částice	-	A2 - s1, d0				ČSN EN 13501-1		
	Třída hořlavosti	-	A1				DIN 4102		
Odpor proti proudění Σ pro tl. 50, 100 mm		kPa.s/ m²	17, 16				EN 290 53		
Bod tání t_i		°C	≥ 1000				DIN 4102 díl 17		
Maximální teplota použití / na straně polepu		°C	250/ max. 100				-/-		
Charakteristická objemová tíha		kN/m³	0,45				ČSN EN 1991-1-1 ČSN EN 1990		
Vážený číselník zvukové pohltivosti α_w pro tl. 40 / 80 / 100 mm		-	0,45 (MH) / 0,85 (H) / 0,90				ČSN ISO 10534-1, ČSN EN ISO 11654		
Součinitel zvukové pohltivosti α pro kolmý dopad vln (-) dle ČSN ISO 10534-1 a ČSN EN ISO 11654	Tloušťka	Frekvence	Hz	125	250	500	1000	2000	4000
		40	mm	0,09	0,18	0,47	0,83	0,99	0,90
		80	mm	0,27	0,49	0,89	0,92	0,95	0,97
		100	mm	0,33	0,76	0,90	0,92	0,93	0,98

Související dokumenty

- Certifikát 050 - 010081 TZÚS Praha, s.p.
- Stavební technické osvědčení STO 05 - 4377 TZÚS Praha, s.p.



Přednosti

- velmi dobré tepelné izolační schopnosti
- velmi dobrá pohltivost zvuku
- nízký difúzní odpor - propustný pro vodní páru
- ekologická a hygienická nezávadnost
- vodoodpudivost - izolační materiály ORSIL jsou hydrofobizované
- dlouhá životnost a po celou dobu neměnné fyzikální vlastnosti
- odolnost proti dřevokazným škůdcům, hlodavcům a hmyzu
- snadná opracovatelnost - výrobky lze řezat

Uvedené informace jsou platné v době vydání technického listu. Výrobce si vyhrazuje právo tyto údaje měnit.

15. 6. 2005

SAINT-GOBAIN ORSIL s.r.o.
Masarykova 197, 517 50 Částolovice
e-mail: info@isover.cz, www.isover.cz



Obchodní ředitelství Praha
Čermákova 7, 120 00 Praha 2 - Vinohrady
Tel.: 221 429 610, Fax: 221 429 677

Příloha 4

Obrázky cisterny v software Proengineer

