

hiTRAN.SP/HTRI 計算演習 (2) Xace の場合

2012 年 12 月 CalGavin. Japan (s. s)

1) はじめに

HTRI に AddIn された hiTRAN. SP を使って、Sample_HTRI ファイルを例にして hiTRAN の効果について計算演習した結果を報告したが、今回は Xace の事例を取り上げた。Xace は空冷式冷却器 (Air Cooler) とガス廃熱を回収するエコノマイザー (Economizer) を含んでいる。HTRI には hiTRAN の AddIn プログラムの対象となる管内単相流の Sample 例は、Air Cooler は数例見つかったが、Economizer には適当な事例が無かったため、排熱を熱媒体 (Heat Transfer Oil) で回収するケースを想定して、Sample インพุットファイルを作成した。

2) Air Cooler の場合

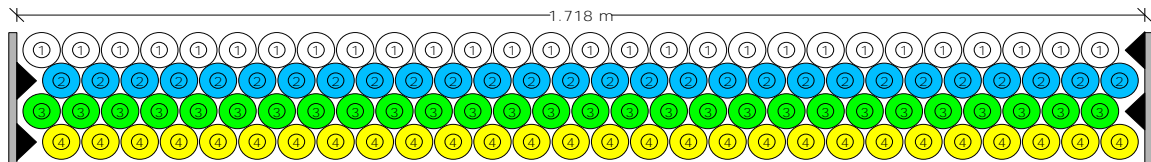
表 1 に HTRI の Air Cooler の Sample_HTRI ファイル名と Cooler の対象、規模の概略を示す。また夫々の空冷式冷却器の規模をイメージ出来るよう、バンドレイアウトを示しておいた。

表 1 Air Cooler の Sample_HTRI ファイルの概要

Ex. No/ファイル名	管側流体(流量)/温度/圧力	Duty/伝面(本数:段/列/長さ)
Ex01/ Xace_StandardCase_1. htri	METHAN(1. 6kg/s:vapor) / In260-Out49°C/3344kPa	0. 93MW/920m ² (112 : 28/4/4. 9m) Bundle weight=3003kg
Ex02/ Xace_StandardCase_2. htri	ORGANIC(40. 1kg/s:liquid) / In56-46°C/448kPa	1. 367MW/5799m ² (375 : 75/5/9. 1m) Bundle weight=12315kg
Ex03/ Xace_StandardCase_5. htri	CO2(25. 2kg/s:vapor) / In78-40°C/9239kPa	15. 2MW/6730m ² (396 : 66/6/10. 4) Bundle weight=20112kg

バンドルレイアウト

Ex01 : Xace_StandardCase_1. htri



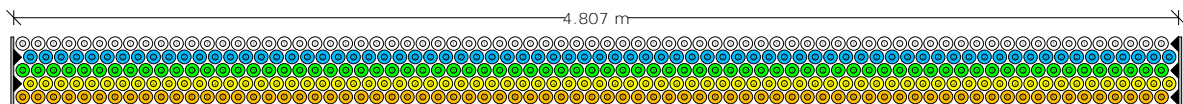
Name	Type	Outer Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Transverse Pitch (mm)	Longitudinal Pitch (mm)	Fin Height (mm)
1 High Fin1	High-finned	25.4001	2.7686	59.6901	49.4920	15.8750

Row	Number of Tubes	Tube Type	Wall Clearance (mm)	Row	Number of Tubes	Tube Type	Wall Clearance (mm)
1	28	High Fin1	9.5250	3	28	High Fin1	9.5250
2	28	High Fin1	39.3701	4	28	High Fin1	39.3701

Bundle Information

Bundle width 1.718 m
 Number of tube rows 4
 Number of tubes 112
 Minimum wall clearance
 Left 9.5250 mm
 Right 9.5250 mm
 Number of tubes per pass
 ○ Tubepass # 1: 28
 ● Tubepass # 2: 28
 ● Tubepass # 3: 28
 ● Tubepass # 4: 28

Ex02 : Xace_StandardCase_2. htri

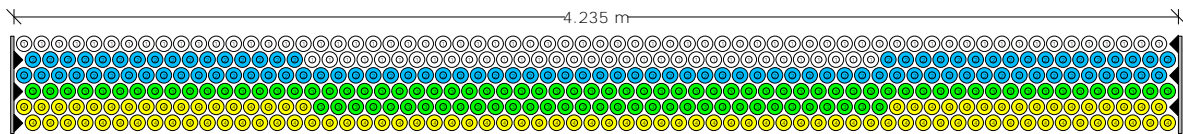


Name	Type	Outer Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Transverse Pitch (mm)	Longitudinal Pitch (mm)	Fin Height (mm)
1 High Fin1	High-finned	25.4001	1.6510	63.5001	54.9911	15.8750

Row	Number of Tubes	Tube Type	Wall Clearance (mm)	Row	Number of Tubes	Tube Type	Wall Clearance (mm)
1	75	High Fin1	9.5250	4	75	High Fin1	41.2751
2	75	High Fin1	41.2751	5	75	High Fin1	9.5250
3	75	High Fin1	9.5250				

Bundle Information

Bundle width 4.807 m
 Number of tube rows 5
 Number of tubes 375
 Minimum wall clearance
 Left 9.5250 mm
 Right 9.5250 mm
 Number of tubes per pass
 ○ Tubepass # 1: 75
 ● Tubepass # 2: 75
 ● Tubepass # 3: 75
 ● Tubepass # 4: 75
 ● Tubepass # 5: 75



Name	Type	Outer Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Transverse Pitch (mm)	Longitudinal Pitch (mm)	Fin Height (mm)
1 High Fin1	High-finned	25.4001	2.3114	63.5001	57.1501	15.4686

Row	Number of Tubes	Tube Type	Wall Clearance (mm)	Row	Number of Tubes	Tube Type	Wall Clearance (mm)
1	66	High Fin1	9.5250	4	66	High Fin1	41.2751
2	66	High Fin1	41.2751	5	66	High Fin1	9.5250
3	66	High Fin1	9.5250	6	66	High Fin1	41.2751

Bundle Information

Bundle width 4.235 m
 Number of tube rows 6
 Number of tubes 396
 Minimum wall clearance
 Left 9.5250 mm
 Right 9.5250 mm
 Number of tubes per pass
 ○ Tubepass # 1: 99
 ● Tubepass # 2: 99
 ● Tubepass # 3: 99
 ● Tubepass # 4: 99

hiTRAN 挿入結果

上記 3 つの HTRI_Xace の Sample_ファイルに hiTRAN を挿入した場合に、Rating で Over_Design が何処まで向上するか、さらに hiTRAN 挿入による管側の圧力損失を pass 数を減少することで低下させ、hiTRAN 素子の密度 (許容圧損) を変化させた計算結果を表 2 に示す。

表 2 パス数と hiTRAN 密度の変化と OverDesign 計算結果

管のパス	許容圧損 kPa	圧力損失 kPa	OverDesign %	hiTRAN の密度
Ex01 Xace_StandardCase_1. htri (管側 Vapor)				
Plain	4	34.5	26.0	0.4 -
Plain	2	34.5	3.8	-27.6 -
hiTRAN1	4	34.5	216.9	28.1 低密度
hiTRAN2	2	26.0	27.5	2.6 低密度
hiTRAN3	2	34.5	34.0	7.1 中密度 1
hiTRAN4	2	70.0	68.8	12.1 中密度 2
hiTRAN5	2	150.0	145.9	16.4 中密度 3
hiTRAN6	2	200.0	196.9	18.9 中密度 4
hiTRAN7	2	300.0	200.8	19.1 高密度
Ex02 Xace_StandardCase_2. htri (管側 Liquid)				
Plain	5	68.9	74.3	3.2 -
hiTRAN1	5	68.9	481.2	13.8 低密度
hiTRAN2	2	400.0	219.1	13.4 中密度
hiTRAN3	3	400.0	396.5	15.6 高密度
Ex03 Xace_StandardCase_5. htri (管側 Vapor)				
Plain	6/4	41.4	40.6	13.9 -
hiTRAN1	6/4	41.4	405.3	25.6 低密度
hiTRAN2	3	41.4	171.3	19.0 低密度
hiTRAN3	3	200.0	196.2	18.9 中密度
hiTRAN4	3	400.0	393.0	22.0 高密度
hiTRAN4	2	400.0	368.2	18.1 最高密度

まず表 2 の Ex01 の Plain は 4pass で設計されているが、2pass とすると、当然 OverDesign はマイナスとなっ

てしまう。4pass のまま hiTRAN を挿入した場合の計算結果 (hiTRAN1)、圧力損失は 8 倍になるが、OverDesign は 28% となる。hiTRAN.SP の AddIn プログラムでは、許容圧力損失に応じて hiTRAN 素子のループワイヤーの密度の異なるタイプを選択する仕組みになっており、許容圧損に対応出来るタイプが無い場合、最も低密度のタイプを選択し、圧力損失を計算する仕組みとなっている。したがって hiTRAN1 はもっとも密度の低いタイプであり、HTRI の計算結果に、管径や材質などの必要事項と共に、Part No として下記の例のように記載される。

hiTRAN Part No. = 19863-1A570-2F1D8-819CF-N-3BEE/1.20/202482

同じ密度の hiTRAN で、2pass で Plain の圧力損失と許容圧損を同じ (26kPa) とした場合、OverDesign は 2.6% しか向上しないが、最初の許容圧損 34.5kPa とすると、プログラム内でより高密度のタイプを選択し、OverDesign は 7% にまで向上する。プログラムは、許容圧損を大きくすると hiTRAN の高密度タイプを選択し、OverDesign が大きくなっており、最高密度のタイプに到達する。この管側流体で許容圧損を大きくするための設備と、空気冷却器の能力向上との経済バランスで決定すべき問題であろう。

Ex02 はバンドルレイアウトから判るように、5 列 (row) のため、2pass、3pass とすると、Ex03 のように、列内で pass 数が変わるが、Ex01 と同様に pass 数を少なくし、許容圧損を大きくすることで、10% 以上の OveDeign を達成可能である。

Ex03 は 6 列 4pass の事例で、同様に管側の許容圧損を大きく取れば、3pass、2pass の条件で、hiTRAN 導入により 10% 以上の効果が得られる。

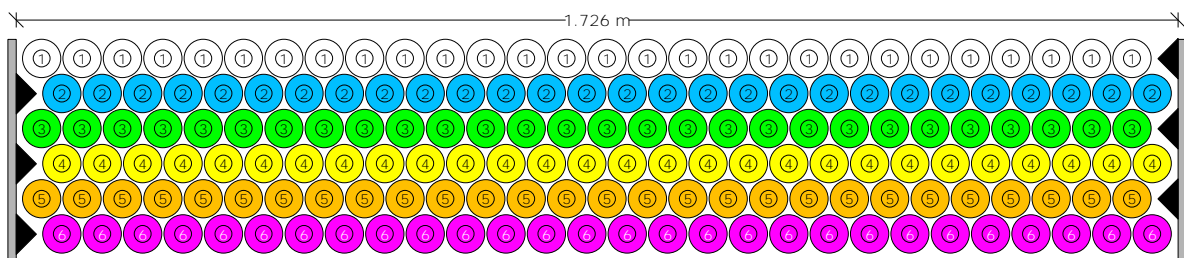
一般に hiTRAN の効果は管側流体の粘度が高く、相流領域の場合に効果的である。今回の事例では HE01 が ReNo15000 から 28000、HE02 は 15000~12000、HE03 は 57000~53000 の領域にある。この流速を落とした状態で (pass 数の減少) hiTRAN を導入することで、pass 数の増加 (ReNo の増加) 以上の効果が得られている。管側の許容圧力損失を大きくとることと hiTRAN の導入により、空気冷却器の設計の自由度が向上する。

APPENDIX_1 には Plain と hiTRAN 挿入 (pass 数は同じ) のその他のデータをまとめて示しておく。

3) Economizer の場合

熱媒体を管側に、Fin 側に Gas を通す Economaizer の事例を計算してみた。1 つは 300°C の排ガスから熱媒油 (Heat Transfer Oil) に熱を移動する Economaizer、もう一つはその熱媒油を用いて燃焼用空気を暖める予熱器である。どちらも 6 列 6pass の下図に示すようなバンドルで、hiTRAN の有無の効果を計算した。

Economizer_FluueGas-HTOil と HTOil-Air のバンドルレイアウト



Name	Type	Outer Diameter (mm)	Wall Thickness (mm)	Transverse Pitch (mm)	Longitudinal Pitch (mm)	Fin Height (mm)
1 TubeType1	High-finned	25.4000	2.7690	60.0000	51.9600	15.8750

Row	Number of Tubes	Tube Type	Wall Clearance (mm)	Row	Number of Tubes	Tube Type	Wall Clearance (mm)
1	28	TubeType1	9.5250	4	28	TubeType1	39.5250
2	28	TubeType1	39.5250	5	28	TubeType1	9.5250
3	28	TubeType1	9.5250	6	28	TubeType1	39.5250

Bundle Information

Bundle width 1.726 m
 Number of tube rows 6
 Number of tubes 168
 Minimum wall clearance
 Left 9.5250 mm
 Right 9.5250 mm
 Number of tubes per pass
 ● Tube pass # 1: 28
 ● Tube pass # 2: 28
 ● Tube pass # 3: 28
 ● Tube pass # 4: 28
 ● Tube pass # 5: 28
 ● Tube pass # 6: 28

まず FlueGas-HTOil の入口温度を 300℃と 100℃とし、質量流量を 11kg/s と 7kg/s として Plain で Simulation 計算し、次いでその Duty (出口温度指定) を指定して hiTRAN 挿入の効果を rating 計算し、先と同様に OverDesign で評価した。HTOil-Air の場合も同じく入口温度を 210℃と 20℃に、質量流量も同じく 7kg/s と 11kg/s して同様に評価した。計算結果は HTRI の Output の形で、Appendex Eco 01~06 に示しておく。表 3 は計算結果のまとめである。

表 3 Economizer での hiTRAN の効果

単位	管のパス	許容圧損 kPa	圧力損失 kPa	OverDesign %	コメント
名称	Economizer	FlueGas-HTOil			排ガスからの熱回収
Plain	6	0	24.8	0.86	Simulation
hiTRAN1	2	25	24.7	2.33	許容圧損 6pass と同等
hiTRAN2	3	100	98.6	24.8	許容圧損 4 倍
名称	Economizer	HTOil-Air			熱媒体による空気予熱
Plain	6	0	27.5	0.68	Simulation
hiTRAN1	2	60	49.6	13.5	許容圧損 2 倍
hiTRAN2	3	100	99.9	25.9	許容圧損 4 倍

表 3 から明らかなように、許容圧損を大きくとることで OverDesign を 25%程度向上することが出来る。管側流体が非圧縮の液体の場合、圧力を上げることは比較的容易であり、hiTRAN 挿入体使用を前提とした設計で交換器の小型化、軽量化あるいは既存設備の能力アップが可能である。

4) まとめ

Xace の空冷式冷却器と Economizer の管側に hiTRAN を挿入した場合の効果を検証した結果、許容圧損を大きく取れば、10~25%の OverDesign の確保が出来ることが判った。既存の空冷式冷却器や Economizer では管側圧損を確保することで、能力の向上が期待され、新規設計では小型化、軽量化が図れ、設計の自由度も向上する。ここで試算したのは数例にすぎず、プロセス条件によってはさらに効果の上がる事が期待される。

エネルギー効率の改善、特に排熱回収の必要性が高まっている昨今、Economizer による熱回収効率の向上はますます重要となっており、次は幾つかのプロセスの事例について検討してみたい。

以上 SS

APPENDIX 1 Example01,02,03のPlainとhiTRAN計算結果のまとめ

ExampleNo		Ex01		Ex02		Ex03	
		plain	hiTRAN	plain	hiTRAN	plain	hiTRAN
Tube Insert	-	plain	hiTRAN	plain	hiTRAN	plain	hiTRAN
管のタイプ	-	High-Fin	High-Fin	High-Fin	High-Fin	High-Fin	High-Fin
所要伝熱余裕	%	0.4	28.1	3.2	13.8	13.9	26.6
全面積	m ²	920	920	5799	5799	6730	6730
管のパス	-	4	4	5	5	4	4
管数	-	112	112	375	375	396	396
単位長さのフィン数	1/m	393.7	393.7	393.7	393.7	393.7	393.7
フィン高さ	mm	15.9	15.9	15.9	15.9	15.5	15.5
フィン厚み	mm	0.46	0.46	0.58	0.58	0.41	0.41
有効管長さ	mm	4.9	4.9	9.1	9.1	10.4	10.4
管束重量	kg	3003	3003	12315	12315	20112	20112
全胴側流量	kg/s	21.0	20.9	138.9	138.9	143.7	143.7
全管側流量	kg/s	1.6	1.6	40.1	40.1	25.2	25.2
胴側入口蒸気流量	kg/s	21.0	20.9	138.9	138.9	143.7	143.7
管側入口蒸気流量	kg/s	1.6	1.6			25.2	25.2
管側入口液流量	kg/s			40.1	40.1		
胴側出口蒸気流量	kg/s	21.0	20.9	138.9	138.9	143.7	143.7
管側出口蒸気流量	kg/s	1.6	1.6			25.2	25.2
管側出口液流量	kg/s			40.1	40.1		
管側入口液密度	kg/m ³			1053	1053		
胴側入口圧力	kPa (abs)	101.3	101.3	101.3	101.3	78.7	78.7
管側入口圧力	kPa (abs)	3344.0	3344.0	448.2	448.2	9239.0	9239.1
全胴側圧力損失	kPa	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
全管側圧力損失	kPa	26.0	216.9	74.3	481.2	40.6	405.3
胴側許容圧損	kPa	0.50	0.50	0.15	0.15		
管側許容圧損	kPa	34.5	34.5	68.9	68.9	41.4	41.4
交換器重量、空	kg	6516	6490	21037	21045	28810	28809
交換器重量、満水	kg	6759	6732	22617	22625	30525	30524
胴側入口温度	deg C	37.8	37.8	37.8	37.8	29.4	29.4
胴側出口温度	deg C	81.8	81.8	47.6	47.6	48.5	48.5
管側入口温度	deg C	260.0	260.0	56.1	56.1	78.3	78.3
管側出口温度	deg C	48.9	48.9	46.1	46.1	40.6	40.6
有効平均温度差	deg C	61.6	61.6	8.4	8.4	15.2	15.2
全熱負荷	MW	0.930	0.930	1.367	1.367	2.643	2.643
胴側熱伝達係数	W/m ² C	44.2	43.9	49.2	49.2	46.5	46.4
管側熱伝達係数	W/m ² C	1028	2028	2785	4371	2223	3347
管側汚れ係数	m ² C/W	0.000352	0.000352	0.000176	0.000176	0.000176	0.000176
管壁係数	m ² C/W	0.001554	0.001554	0.000849	0.000849	0.001012	0.001012
清浄総括伝熱抵抗	W/m ² C	19.6	26.4	33.2	37.2	29.2	33.0
汚れ総括伝熱抵抗	W/m ² C	16.5	21.0	29.0	32.0	25.8	28.7
ベイあたりのファン数	-	3	3	2	2	2	2
ファン直径	mm	1.22	1.22	4.57	4.57	3.66	3.66
ファン制動動力	kW	0.60	0.60	7.03	7.03	15.73	15.73
ファンのモーター動力	kW	0.93	0.93	10.81	10.81	24.19	24.20
管壁厚み	mm	2.77	2.77	1.65	1.65	2.31	2.31
要求総括伝熱係数	W/m ² C	16.4	16.4	28.1	28.1	22.6	22.7
管側流体名	-	METHANE	METHANE	ORGANIC	ORGANIC	CO2	CO2
面積比、内側/外側	-	27.5	27.5	24.8	24.8	25.9	25.9
胴側最大速度	m/sec	4.9	4.9	6.0	6.0	7.6	7.6
空冷ドラフト型	-	FORCED	FORCED	FORCED	FORCED	FORCED	FORCED
空冷平衡圧高さ	-	101.3	101.3	101.3	101.3	78.7	78.7
空冷静圧	mmH2O	68.1	68.6	100.1	100.1	149.7	149.7
空冷表面速度	m/min	2.2	2.2	2.8	2.8	3.6	3.6
空冷管列数	-	4	4	5	5	6	6
空冷偶数段管数	-	28	28	75	75	66	66
空冷奇数段管数	-	28	28	75	75	66	66

Output Summary				Page 1		
Economizer FlueGas-HTOil OD25FlueHTOsim.xls			排ガスからの熱回収 Appendex Eco 01 FluePlain			
Xace Ver. 6.00 SP3 2012/12/09 9:33 SN: 1500214967					SI Units	
FlueGas-HtOil			Plain (without hiTRAN)			
Simulation-Horizontal economizer countercurrent to crossflow						
No Data Check Messages. See Runtime Message Report for Warning Messages.						
Process Conditions		Outside		Tubeside		
Fluid name		FlueGas		Dowtherm		
Fluid condition		Sens. Gas		Sens. Liquid		
Total flow rate	(kg/s)	11.000	7.000			
Weight fraction vapor, In/Out		1.000	1.000	0.000	0.000	
Temperature, In/Out	(Deg C)	300.00	156.37	100.00	234.31	
Skin temperature, Min/Max	(Deg C)	138.81	258.07	137.49	256.52	
Pressure, Inlet/Outlet	(kPa)	20.000	19.784	100.001	75.248	
Pressure drop, Total/Allow	(kPa) (kPa)	0.216	0.000	24.753	0.000	
Midpoint velocity	(m/s)	15.63	0.83			
- In/Out	(m/s)		0.78	0.87		
Heat transfer safety factor	(--)	1	1			
Fouling	(m2-K/W)	0.000000	0.000000			
Exchanger Performance						
Outside film coef	(W/m2-K)	33.67	Actual U	(W/m2-K)	16.762	
Tubeside film coef	(W/m2-K)	1056.51	Required U	(W/m2-K)	16.619	
Clean coef	(W/m2-K)	16.762	Area	(m2)	1847.67	
Hot regime	Sens. Gas		Overdesign	(%)	0.86	
Cold regime	Sens. Liquid		Tube Geometry			
EMTD	(Deg C)	58.0	Tube type	High-finned		
Duty	(MegaWatts)	1.782	Tube OD	(mm)	25.400	
Unit Geometry			Tube ID	(mm)	19.862	
Bays in parallel per unit		1	Length	(m)	6.000	
Bundles parallel per bay		1	Area ratio(out/in)	(--)	30.0767	
Extended area	(m2)	1847.67	Layout	Staggered		
Bare area	(m2)	78.561	Trans pitch	(mm)	60.000	
Bundle width	(m)	1.726	Long pitch	(mm)	51.960	
Nozzle		Inlet		Outlet		
Number	(--)	1	1	Number of passes	(--)	
Diameter	(mm)	77.927	77.927	Number of rows	(--)	
Velocity	(m/s)	1.42	1.58	Tubecount	(--)	
R-V-SQ	(kg/m-s2)	2081.53	2325.46	Tubecount Odd/Even	(--)	
Pressure drop	(kPa)	1.145	0.814	Tube material	Carbon steel	
Fan Geometry			Fin Geometry			
No/bay	(--)	0	Type	Plain round		
Fan ring type			Fins/length	fin/meter	433.1	
Diameter	(m)	0.000	Fin root	mm	25.400	
Ratio, Fan/bundle face area	(--)		Height	mm	15.875	
Driver power	(kW)	0.00	Base thickness	mm	0.432	
Tip clearance	(mm)	0.000	Over fin	mm	57.150	
Efficiency	(%)	0	Efficiency	(%)	83.8	
Airsides Velocities			Area ratio (fin/bare)	(--)	23.519	
Face	(m/s)	Actual	Standard	Material	Aluminum 1060 - H14	
Maximum	(m/s)	8.41		Thermal Resistance, %		
Flow	(100 m3/min)	17.62		Air	49.79	
Velocity pressure	(Pa)	52.285		Tube	47.72	
Bundle pressure drop	(Pa)	0.00		Fouling	0.00	
Bundle flow fraction	(--)	215.94		Metal	2.50	
		1.000		Bond	0.00	
Bundle	100.00	Airsides Pressure Drop, %			Louvers	0.00
Ground clearance	0.00	Fan guard	0.00	Hail screen	0.00	
Fan ring	0.00	Fan area blockage	0.00	Steam coil	0.00	

Output Summary				Page 1	
Economizer FlueGas-HtOil OD25FlueHTOhiTRAN2pass.xls		排ガスからの熱回収 Appendex Eco 02 Flue_hi25k			
Xace (CalGavin) Ver. 6.00 SP3 2012/12/09 9:49 SN: 1500214967					SI Units
FlueGas-HtOil		hiTRAN Part Number: 19862-4537060-37C0C-AD2BF-N-3BEE/1.20/3865			
Rating-Horizontal economizer countercurrent to crossflow					
No Data Check Messages.					
See Runtime Message Report for Warning Messages.					
Process Conditions		Outside		Tubeside	
Fluid name		FlueGas		Dowtherm	
Fluid condition		Sens. Gas		Sens. Liquid	
Total flow rate	(kg/s)	11.000		7.000	
Weight fraction vapor, In/Out		1.000	1.000	0.000	0.000
Temperature, In/Out	(Deg C)	300.00	156.74	100.00	234.00
Skin temperature, Min/Max	(Deg C)	124.60	265.87	123.36	264.60
Pressure, Inlet/Outlet	(kPa)	20.000	19.786	100.001	75.284
Pressure drop, Total/Allow	(kPa) (kPa)	0.215	0.000	24.718	25.000
Midpoint velocity	(m/s)	15.69		0.28	
- In/Out	(m/s)			0.26	0.29
Heat transfer safety factor	(--)	1		1	
Fouling	(m2-K/W)	0.000000		0.000000	
Exchanger Performance					
Outside film coef	(W/m2-K)	33.56		Actual U	(W/m2-K) 19.526
Tubeside film coef	(W/m2-K)	1509.36		Required U	(W/m2-K) 19.082
Clean coef	(W/m2-K)	19.526		Area	(m2) 1847.67
Hot regime	Sens. Gas			Overdesign	(%) 2.33
Cold regime	Sens. Liquid			Tube Geometry	
EMTD	(Deg C)	50.4		Tube type	High-finned
Duty	(MegaWatts)	1.778		Tube OD	(mm) 25.400
Unit Geometry					
Bays in parallel per unit		1		Tube ID	(mm) 19.862
Bundles parallel per bay		1		Length	(m) 6.000
Extended area	(m2)	1847.67		Area ratio(out/in)	(--)
Bare area	(m2)	78.561		Layout	Staggered
Bundle width	(m)	1.726		Trans pitch	(mm) 60.000
Nozzle	Inlet	Outlet			
Number	(--)	1	1	Long pitch	(mm) 51.960
Diameter	(mm)	77.927	77.927	Number of passes	(--)
Velocity	(m/s)	1.42	1.58	Number of rows	(--)
R-V-SQ	(kg/m-s2)	2081.53	2324.85	Tubecount	(--)
Pressure drop	(kPa)	1.145	0.814	Tubecount Odd/Even	(--)
Fan Geometry					
No/bay	(--)	0		Tube material	Carbon steel
Fan ring type				Fin Geometry	
Diameter	(m)	0.000		Type	Plain round
Ratio, Fan/bundle face area	(--)			Fins/length	fin/meter 433.1
Driver power	(kW)	0.00		Fin root	mm 25.400
Tip clearance	(mm)	0.000		Height	mm 15.875
Efficiency	(%)	0		Base thickness	mm 0.432
Airsides Velocities					
Face	(m/s)	Actual	Standard	Over fin	mm 57.150
Maximum	(m/s)	8.41		Efficiency	(%) 83.8
Flow	(100 m3/min)	17.62		Area ratio (fin/bare)	(--)
Velocity pressure	(Pa)	52.285		Material	Aluminum 1060 - H14
Bundle pressure drop	(Pa)	0.00		Thermal Resistance, %	
Bundle flow fraction	(--)	214.52		Air	58.18
Bundle	100.00	1.000		Tube	38.91
Ground clearance	0.00			Fouling	0.00
Fan ring	0.00			Metal	2.91
				Bond	0.00
				Airsides Pressure Drop, %	
				Louvers	0.00
				Fan guard	0.00
				Hail screen	0.00
				Fan area blockage	0.00
				Steam coil	0.00

Output SummaryEconomizer FlueGas-HtOil
OD25FlueHTOhiTRAN3p100k.xls排ガスからの熱回収
Appendex Eco 03
Flue_hi100k

Xace (CalGavin) Ver. 6.00 SP3 2012/12/09 9:54 SN: 1500214967

SI Units

hiTRAN Part Number:

FlueGas-HtOil

19862-6D20900-2F1D8-819CF-N-3BEE/1.20/5797

Rating-Horizontal economizer countercurrent to crossflow

No Data Check Messages.**See Runtime Message Report for Warning Messages.**

Process Conditions		Outside		Tubeside		
Fluid name	FlueGas		Sens. Gas	Dowtherm	Sens. Liquid	
Fluid condition						
Total flow rate	(kg/s)		11.000		7.000	
Weight fraction vapor, In/Out		1.000	1.000	0.000	0.000	
Temperature, In/Out	(Deg C)	300.00	156.74	100.00	234.00	
Skin temperature, Min/Max	(Deg C)	123.81	255.55	122.14	253.81	
Pressure, Inlet/Outlet	(kPa)	20.000	19.784	100.001	1.311	
Pressure drop, Total/Allow	(kPa) (kPa)	0.216	0.000	98.690	100.002	
Midpoint velocity	(m/s)		15.65		0.41	
- In/Out	(m/s)			0.39	0.44	
Heat transfer safety factor	(--)		1		1	
Fouling	(m2-K/W)		0.000000		0.000000	
Exchanger Performance						
Outside film coef	(W/m2-K)	33.71		Actual U	(W/m2-K) 21.847	
Tubeside film coef	(W/m2-K)	2057.89		Required U	(W/m2-K) 17.503	
Clean coef	(W/m2-K)	21.847		Area	(m2) 1847.67	
Hot regime	Sens. Gas			Overdesign	(%) 24.81	
Cold regime	Sens. Liquid			Tube Geometry		
EMTD	(Deg C)	55.0		Tube type	High-finned	
Duty	(MegaWatts)	1.778		Tube OD	(mm) 25.400	
Unit Geometry				Tube ID	(mm) 19.862	
Bays in parallel per unit		1		Length	(m) 6.000	
Bundles parallel per bay		1		Area ratio(out/in)	(--)	
Extended area	(m2)	1847.67		Layout	Staggered	
Bare area	(m2)	78.561		Trans pitch	(mm) 60.000	
Bundle width	(m)	1.726		Long pitch	(mm) 51.960	
Nozzle		Inlet	Outlet	Number of passes	(--)	
Number	(--)	1	1	Number of rows	(--)	
Diameter	(mm)	52.553	77.927	Tubecount	(--)	
Velocity	(m/s)	3.12	1.58	Tubecount Odd/Even	(--)	
R-V-SQ	(kg/m-s2)	10063.8	2324.85	Tube material	Carbon steel	
Pressure drop	(kPa)	5.536	0.814	Fin Geometry		
Fan Geometry				Type	Plain round	
No/bay	(--)	0		Fins/length	fin/meter 433.1	
Fan ring type				Fin root	mm 25.400	
Diameter	(m)	0.000		Height	mm 15.875	
Ratio, Fan/bundle face area	(--)			Base thickness	mm 0.432	
Driver power	(kW)	0.00		Over fin	mm 57.150	
Tip clearance	(mm)	0.000		Efficiency	(%) 83.8	
Efficiency	(%)	0		Area ratio (fin/bare)	(--)	
Airsides Velocities			Actual	Standard	Material	Aluminum 1060 - H14
Face	(m/s)		8.41		Thermal Resistance, %	
Maximum	(m/s)		17.62		Air	64.82
Flow	(100 m3/min)		52.285		Tube	31.93
Velocity pressure	(Pa)		0.00		Fouling	0.00
Bundle pressure drop	(Pa)		216.15		Metal	3.25
Bundle flow fraction	(--)		1.000		Bond	0.00
Bundle	100.00	Airsides Pressure Drop, %		Louvers	0.00	
Ground clearance	0.00	Fan guard	0.00	Hail screen	0.00	
Fan ring	0.00	Fan area blockage	0.00	Steam coil	0.00	

Output Summary

Economizer HTOil-Air
OD25HTOAirsim.xls

熱媒体による空気予熱

Xace_hiTRAN演習

Appendex Eco 04

AirPlain

Xace Ver. 6.00 SP3 2012/12/09 10:20 SN: 1500214967

SI Units

HTOil-Air

Plain

(without hiTRAN)

Simulation-Horizontal economizer countercurrent to crossflow

No Data Check Messages.

See Runtime Message Report for Warning Messages.

Process Conditions		Outside		Tubeside		
Fluid name	Air		Sens. Gas	Dowtherm	Sens. Liquid	
Fluid condition						
Total flow rate	(kg/s)		11.000		7.000	
Weight fraction vapor, In/Out		1.000	1.000	0.000	0.000	
Temperature, In/Out	(Deg C)	20.00	160.08	210.00	90.00	
Skin temperature, Min/Max	(Deg C)	52.13	181.84	53.01	183.23	
Pressure, Inlet/Outlet	(kPa)	20.000	19.836	150.002	122.512	
Pressure drop, Total/Allow	(kPa) (kPa)	0.164	0.000	27.490	0.000	
Midpoint velocity	(m/s)		11.14		0.80	
- In/Out	(m/s)			0.85	0.77	
Heat transfer safety factor	(--)		1		1	
Fouling	(m2-K/W)		0.000000		0.000000	
Exchanger Performance						
Outside film coef	(W/m2-K)	28.79		Actual U	(W/m2-K) 14.238	
Tubeside film coef	(W/m2-K)	881.51		Required U	(W/m2-K) 14.142	
Clean coef	(W/m2-K)	14.238		Area	(m2) 1845.67	
Hot regime		Sens. Liquid		Overdesign	(%) 0.68	
Cold regime		Sens. Gas		Tube Geometry		
EMTD	(Deg C)	59.6		Tube type	High-finned	
Duty	(MegaWatts)	1.556		Tube OD	(mm) 25.400	
Unit Geometry				Tube ID	(mm) 19.862	
Bays in parallel per unit		1		Length	(m) 6.000	
Bundles parallel per bay		1		Area ratio(out/in)	(--)	
Extended area	(m2)	1845.67		Layout	Staggered	
Bare area	(m2)	78.476		Trans pitch	(mm) 60.000	
Bundle width	(m)	1.726		Long pitch	(mm) 51.960	
Nozzle		Inlet	Outlet	Number of passes	(--)	
Number	(--)	1	1	Number of rows	(--)	
Diameter	(mm)	77.927	77.927	Tubecount	(--)	
Velocity	(m/s)	1.55	1.41	Tubecount Odd/Even	(--)	
R-V-SQ	(kg/m-s2)	2277.39	2065.38	Tube material	Carbon steel	
Pressure drop	(kPa)	1.253	0.723	Fin Geometry		
Fan Geometry				Type	Plain round	
No/bay	(--)	0		Fins/length	fin/meter 433.1	
Fan ring type				Fin root	mm 25.400	
Diameter	(m)	0.000		Height	mm 15.875	
Ratio, Fan/bundle face area	(--)			Base thickness	mm 0.432	
Driver power	(kW)	0.00		Over fin	mm 57.150	
Tip clearance	(mm)	0.000		Efficiency	(%) 86.2	
Efficiency	(%)	0		Area ratio (fin/bare)	(--)	
Airsides Velocities			Actual	Standard	Material	Aluminum 1060 - H14
Face	(m/s)	4.47	0.88		Thermal Resistance, %	
Maximum	(m/s)	9.37	1.85		Air	49.45
Flow	(100 m3/min)	27.768	5.494		Tube	48.58
Velocity pressure	(Pa)	0.00			Fouling	0.00
Bundle pressure drop	(Pa)	163.80			Metal	1.96
Bundle flow fraction	(--)	1.000			Bond	0.00
Bundle	100.00	Airsides Pressure Drop, %			Louvers	0.00
Ground clearance	0.00	Fan guard	0.00	Hail screen	0.00	
Fan ring	0.00	Fan area blockage	0.00	Steam coil	0.00	

Output Summary

Economizer HTOil-Air 熱媒体による空気予熱

OD25HTOAirhiTRAN2p60k.xls

Appendex Eco 05

Air_hi60k

Xace (CalGavin) Ver. 6.00 SP3 2012/12/09 10:16 SN: 1500214967

SI Units

hiTRAN Part Number:

HTOil-Air

19862-7E4DFC0-37C0C-AD2BF-N-3BEE/1.20/3197

Rating-Horizontal economizer countercurrent to crossflow

No Data Check Messages.**See Runtime Message Report for Warning Messages.**

Process Conditions		Outside		Tubeside		
Fluid name	Air			Dowtherm		
Fluid condition			Sens. Gas		Sens. Liquid	
Total flow rate	(kg/s)		11.000		7.000	
Weight fraction vapor, In/Out		1.000	1.000	0.000	0.000	
Temperature, In/Out	(Deg C)	20.00	160.00	210.00	89.77	
Skin temperature, Min/Max	(Deg C)	57.29	193.13	58.33	194.35	
Pressure, Inlet/Outlet	(kPa)	20.000	19.830	150.002	100.398	
Pressure drop, Total/Allow	(kPa) (kPa)	0.170	0.000	49.604	60.001	
Midpoint velocity	(m/s)		11.30		0.27	
- In/Out	(m/s)			0.28	0.26	
Heat transfer safety factor	(--)		1		1	
Fouling	(m2-K/W)		0.000000		0.000000	
Exchanger Performance						
Outside film coef	(W/m2-K)	28.68		Actual U	(W/m2-K) 18.410	
Tubeside film coef	(W/m2-K)	1664.25		Required U	(W/m2-K) 16.217	
Clean coef	(W/m2-K)	18.410		Area	(m2) 1845.67	
Hot regime		Sens. Liquid		Overdesign	(%) 13.52	
Cold regime		Sens. Gas		Tube Geometry		
EMTD	(Deg C)	52.1		Tube type	High-finned	
Duty	(MegaWatts)	1.559		Tube OD	(mm) 25.400	
Unit Geometry				Tube ID	(mm) 19.862	
Bays in parallel per unit		1		Length	(m) 6.000	
Bundles parallel per bay		1		Area ratio(out/in)	(--)	
Extended area	(m2)	1845.67		Layout	Staggered	
Bare area	(m2)	78.476		Trans pitch	(mm) 60.000	
Bundle width	(m)	1.726		Long pitch	(mm) 51.960	
Nozzle		Inlet	Outlet	Number of passes	(--)	
Number	(--)	1	1	Number of rows	(--)	
Diameter	(mm)	77.927	52.553	Tubecount	(--)	
Velocity	(m/s)	1.55	3.09	Tubecount Odd/Even	(--)	
R-V-SQ	(kg/m-s2)	2277.39	9983.96	Tube material	Carbon steel	
Pressure drop	(kPa)	1.253	3.495	Fin Geometry		
Fan Geometry				Type	Plain round	
No/bay	(--)	0		Fins/length	fin/meter 433.1	
Fan ring type				Fin root	mm 25.400	
Diameter	(m)	0.000		Height	mm 15.875	
Ratio, Fan/bundle face area	(--)			Base thickness	mm 0.432	
Driver power	(kW)	0.00		Over fin	mm 57.150	
Tip clearance	(mm)	0.000		Efficiency	(%) 86.4	
Efficiency	(%)	0		Area ratio (fin/bare)	(--)	
Airsides Velocities			Actual	Standard	Material	Aluminum 1060 - H14
Face	(m/s)		4.47		Thermal Resistance, %	
Maximum	(m/s)		9.37		Air	64.19
Flow	(100 m3/min)		27.768		Tube	33.27
Velocity pressure	(Pa)		0.00		Fouling	0.00
Bundle pressure drop	(Pa)		170.44		Metal	2.54
Bundle flow fraction	(--)		1.000		Bond	0.00
Bundle	100.00	Airsides Pressure Drop, %		Louvers	0.00	
Ground clearance	0.00	Fan guard	0.00	Hail screen	0.00	
Fan ring	0.00	Fan area blockage	0.00	Steam coil	0.00	

Output Summary				Page 1		
Economizer HTOil-Air 熱媒体による空気予熱						
OD25HTOAirhiTRAN3p100k.xls				Appendex Eco 06		
				Air_hi100k		
Xace (CalGavin) Ver. 6.00 SP3 2012/12/09 10:18 SN: 1500214967				SI Units		
hiTRAN Part Number:						
HTOil-Air				19862-6FA73E0-2F1D8-819CF-N-3BEE/1.20/4796		
Rating-Horizontal economizer countercurrent to crossflow						
No Data Check Messages.						
See Runtime Message Report for Warning Messages.						
Process Conditions			Outside		Tubeside	
Fluid name	Air				Dowtherm	
Fluid condition			Sens. Gas		Sens. Liquid	
Total flow rate	(kg/s)		11.000		7.000	
Weight fraction vapor, In/Out		1.000	1.000		0.000	
Temperature, In/Out	(Deg C)	20.00	160.00		210.00	
Skin temperature, Min/Max	(Deg C)	64.58	192.20		65.84	
Pressure, Inlet/Outlet	(kPa)	20.000	19.831		150.002	
Pressure drop, Total/Allow	(kPa) (kPa)	0.169	0.000		99.862	
Midpoint velocity	(m/s)		11.32		0.40	
- In/Out	(m/s)				0.43	
Heat transfer safety factor	(--)		1		1	
Fouling	(m2-K/W)		0.000000		0.000000	
Exchanger Performance						
Outside film coef	(W/m2-K)	28.52		Actual U	(W/m2-K)	18.865
Tubeside film coef	(W/m2-K)	1815.46		Required U	(W/m2-K)	14.978
Clean coef	(W/m2-K)	18.865		Area	(m2)	1845.67
Hot regime		Sens. Liquid		Overdesign	(%)	25.95
Cold regime		Sens. Gas		Tube Geometry		
EMTD	(Deg C)	56.4		Tube type	High-finned	
Duty	(MegaWatts)	1.559		Tube OD	(mm)	25.400
Unit Geometry						
Bays in parallel per unit		1		Tube ID	(mm)	19.862
Bundles parallel per bay		1		Length	(m)	6.000
Extended area	(m2)	1845.67		Area ratio(out/in)	(--)	30.0767
Bare area	(m2)	78.476		Layout	Staggered	
Bundle width	(m)	1.726		Trans pitch	(mm)	60.000
Nozzle		Inlet	Outlet	Long pitch	(mm)	51.960
Number	(--)	1	1	Number of passes	(--)	3
Diameter	(mm)	77.927	52.553	Number of rows	(--)	6
Velocity	(m/s)	1.55	3.09	Tubecount	(--)	168
R-V-SQ	(kg/m-s2)	2277.39	9983.96	Tubecount Odd/Even	(--)	28 / 28
Pressure drop	(kPa)	1.253	3.495	Tube material	Carbon steel	
Fan Geometry						
No/bay	(--)	0		Fin Geometry		
Fan ring type				Type	Plain round	
Diameter	(m)	0.000		Fins/length	fin/meter	433.1
Ratio, Fan/bundle face area	(--)			Fin root	mm	25.400
Driver power	(kW)	0.00		Height	mm	15.875
Tip clearance	(mm)	0.000		Base thickness	mm	0.432
Efficiency	(%)	0		Over fin	mm	57.150
Airsides Velocities						
Face	(m/s)	Actual	Standard	Efficiency	(%)	86.4
Maximum	(m/s)	4.47		Area ratio (fin/bare)	(--)	23.519
Flow	(100 m3/min)	9.37		Material	Aluminum 1060 - H14	
Velocity pressure	(Pa)	27.768		Thermal Resistance, %		
Bundle pressure drop	(Pa)	0.00		Air	66.14	
Bundle flow fraction	(--)	168.96		Tube	31.25	
Bundle	100.00	1.000		Fouling	0.00	
Ground clearance	0.00			Metal	2.60	
Fan ring	0.00			Bond	0.00	
				Airsides Pressure Drop, %		
				Louvers	0.00	
				Fan guard	0.00	
				Fan area blockage	0.00	
				Hail screen	0.00	
				Steam coil	0.00	