

성과증빙자료집

제로에너지건축물 적용을 위한
선진국 수준의 에너지성능을 가진 기계설비배관 단열
기준 개선 연구

2021. 12. 31.

참고문헌

KCS 31 20 05:2018 보온공사, 국토교통부

KS F 2803: 2018 보온 보랭 공사의 시공 표준, 산업표준심의회

국토교통부 보도자료, 단열기준 강화 등 녹색건축정책으로 에너지효율 높였다., 2019.05.29.

국토교통부 보도자료, 제로에너지건축, 건축을 넘어 도시로! 이제 시작합니다.-국토교통부, 제로에너지건축 보급 확산 방안 발표-, 2019.06.21.

국토교통부 보도자료, 생활터전과 이동수단에서 탄소중립을 실현해나가는 「국토교통 2050 탄소중립 로드맵」 발표, 2021.12.22.

관련부처합동, 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상황안, 2021.10.18.

국토교통부, 제2차 녹색건축물 기본계획, 2019.12.

한국건물에너지기술원(2014), 건축물 에너지총량 기준 및 관리방안 연구

박동식, 정광섭, 김영일, 정환교(2010), 공동주택 단지 내의 난방배관에서 열손실 변화에 관한 연구, 대한설비공학회 2010 동계학술발표대회 논문집, pp.97-102

김대원, 정광섭, 김영일, 김성민(2013), 공동주택 연도별 단열기준 강화에 따른 에너지소요량 비교 연구, 에너지공학 제22권 제2호, pp.83-89

김도훈, 박병식(2009), 공동주택 단지내 배관 보온재 사용실태 조사, 대한설비공학회 2009 동계학술대회논문집, pp. 662-685

Young Il Kim., Kwang Seop Chung., Hoo-Kyu Oh., Seung-Jik Suh., and Jong-Taek Oh., 2009, Research on Improvement of Insulation Construction Performance, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, pp. 336-341.

윤희원, 최승혁, 류형규(2015), 건물의 배관 단열 두께 기준 개정에 관한 연구, 대한설비공학회 2015 동계학술발표대회 논문집, pp.279-282

유민상, 김성은, 송용우, 정용기, 유재윤, 박진철(2021), 공동주택 겨울철 외기 노출 배관의 표면온도측정을 통한 열손실량, 대한설비공학회 2021 하계학술발표대회 논문집, pp.436-439

ASHRAE Standard 90.1–2019 Energy Standard for Buildings Except Low–Rise
Residential Buildings

BS 5422:2009 Method for specifying thermal insulating materials for pipes,
tanks, vessels, ductwork and equipment operating within the temperature
range -40°C to $+700^{\circ}\text{C}$

International Code Council, 2012 International Energy Conservation Code, 2012
Energy saving potential through optimal pipe insulation(Technical Article),
Armacell Company homepage(<http://www.armacell.de/>)

Anti Hamburg, Targo Kalamees(2020), The influence of heat loss from pipes in
an unheated basement on the heating energy consumption of an entire
typical apartment building, E3S Web of Conferences, Vol. 172, 2020.06.

National Commercial & Industrial Insulation Standards 8th Edition –2016

ASTM C 680–Standard practice for Estimate of the heat Gain or Loss and the
Surface Temperatures of Insulated Flat, Cylindrical, and Spherical Systems by
Use of Computer Programs, 2014

[총괄] 성과점검기준표

[과제명 : 제로에너지건축물 적용을 위한 선진국 수준의 에너지성능을 가진 기계설비배관 단열기준 개선 연구]

구분	핵심연구성과(level1)		단위성과물 (level2)		최종 성과점검기준										
					성과검증 기준					전문기관 검토의견 (인정/불인정/일부미흡)	해당기관	가중치 (세부별)	달성평점 (평점 :1~5)	점수 (100점 만점)	
					질적성과지표		목표수준		측정방법						증빙
목표치	달성치														
주관 (기설연)	A	에너지성능기반의 기계설비배관 단 열기준	A-1	국내외 기계설비배관 단열 기준 검토	①	선진국 수준의 배관단열 기 준 제시	두께 증가 30% 이하	계산방법 도출-원통 전열	계산방법제시	최종보고서 P.14~19		대한기계설 비산업연구 원	1.0		0.00
			A-2	에너지 성능기반의 기계설 비배관 단열기준 초안 수립	①	선진국 수준의 배관단열 기 준에 따른 에너지 절감량(단 위 배관에 한함)	기존대비 10% 이상	계산방법 도출-원통 전열	계산방법제시	최종보고서 P.51~62			1.0		0.00
			A-3	선진국 수준의 에너지성능 기준 도출	①	실험 및 시뮬레이션을 통한 배관단열 에너지 절감량	기존대비 10% 이상	기존대비 10% 이상	계산방법제시	최종보고서 P.40~43		중앙대학교	1.0		0.00
			A-4	현장 측정 및 시뮬레이션 분석을 통한 성능 검토	①	배관단열 두께 계산 프로그 램 개발	프로그램 개발	프로그램 개발	계산방법제시	최종보고서 P.45~50		대한기계설 비산업연구 원	2.0		
					②	신규 배관단열 기준의 에너 지 절감을 위한 시공 방안	기존대비 10% 이상	시공방안 작성	시공방법 개선안	최종보고서 P.28~34		구성이엔드 씨	2.0		
					③	시뮬레이션 분석을 통한 단 열기준 보완	기존대비 15% 이상	기존대비 15% 이상	CFD 시뮬레이션	최종보고서 P.55~56		중앙대학교	2.0		
			A-5	에너지 성능 기반의 기계설 비배관 단열기준 수립	①	에너지 성능 기반의 기계설 비배관 단열기준 제시(공간 위치, 온도조건, 배관두께별)	기존대비 20% 이상	기존대비 20% 이상	계산이론 및 CFD 시뮬 레이션	최종보고서 P.68~77		대한기계설 비산업연구 원	3.0		
공동 (중앙대)	B	제로에너지건축물 인증 시 배관단열 관련 정책제안	B-1	제로에너지건축물 인증제 도 검토	①	제로에너지건축물 인증제도의 배관 단열 두께 기준 및 에너지 절감량	두께기준 30%이하 에너지 절감량 15%이상	두께기준 30% 이하 에너지 절 감량 15% 이상	계산이론 및 CFD 시뮬 레이션	최종보고서 P.21~26		중앙대학교	1.0		0.00
			B-2	제로에너지건축물 인증 시 배관단열관련 정책제안	①	제로에너지건축물 인증 시 배관단열 기준 적용으로 인한 절감량 반영	기존대비 20%이상	기존대비 20%이상	계산이론 및 CFD 시뮬 레이션	최종보고서 P.85~89			3.0		0.00
공동 (구성)	C	기계설비배관 단 열기준 적용 매뉴 얼	C-1	기계설비배관단열 문제점 개선	①	기존 및 신규 건축물의 배관 단열 문제점 개선방안 수립	단위 배관 의 에너지 손실량 5%	현장검증 (두께, 피해 사례 등)	현장 실태와 개선안	최종보고서 P.26~28		구성이엔드 씨	1.0		
			C-2	기계설비배관 단열기준 적 용 매뉴얼	①	배관단열 기준 매뉴얼 개발	에너지 절 감량 15% 이상	에너지 절 감량 15% 이상	매뉴얼 작성 완료 여부	최종보고서 P.92			3.0		0.00
												20.0	-	0	
양적 달성 정도	목표					목표 건수	달성 건수	증빙		인정 건수	달성율 (%)	가중치(%)	점수 (100점 만점)		
	사업연계지표	1	특허 출원 건수			2	2	증빙자료집 P.12~13			0	20	0		
		2	소프트웨어 등록 건수			1	1	증빙자료집 P.11			0	20	0		
		3	국내·외 학술지 게재논문 건수 (SCI)			1	0	-			0	10	0		
		4	국내·외 학술지 게재논문 건수 (비SCI)			3	5	증빙자료집 P.3~5			0	30	0		
		5	학술발표대회 건수			4	9	증빙자료집 P.6~10			0	20	0		
												100.0	0		

[1차년도] 성과점검기준표

[과제명 : 제로에너지건축물 적용을 위한 선진국 수준의 에너지성능을 가진 기계설비배관 단열기준 개선 연구]

구분	핵심연구성과(level1)		단위성과물 (level2)		최종 성과점검기준										
					성과검증 기준					전문기관 검토의견 (인정/불인정/일부미흡)	해당기관	가중치 (세부별)	달성평점 (평점 :1~5)	점수 (100점 만점)	
					질적성과지표		목표수준		측정방법						증빙
목표치	달성치														
주관 (기설연)	A	에너지성능기반의 기계설비배관 단열기준	A-1	국내외 기계설비배관 단열 기준 검토	①	선진국 수준의 배관단열 기준 제시	기존 대비 두께 증가 30% 이하	계산방법 도출-원통 전열	계산방법제시	최종보고서 P.14~19		대한기계설비산업연구원	4.0		0.00
			A-2	에너지 성능 기반의 기계설비배관 단열기준 초안 수립	①	선진국 수준의 배관단열 기준에 따른 에너지 절감량(단위 배관에 한함)	기존대비 10% 이상	계산방법 도출-원통 전열	계산방법제시	최종보고서 P.51~62			4.0		0.00
공동 (중앙대)			A-3	선진국 수준의 에너지성능 기준 도출	①	실험 및 시뮬레이션을 통한 배관단열 에너지 절감량	기존대비 10% 이상	기존대비 10% 이상	계산방법제시	최종보고서 P.40~43		중앙대학교	5.0		0.00
공동 (구성)	C	기계설비배관 단열기준 적용 매뉴얼	C-1	기계설비 배관단열 실태조사	①	기존 및 신규 건축물의 배관 단열 현황(문제점) 파악	단위 배관의 에너지 손실량 5%	현장검증 (두께, 피해 사례 등)	현장 실태 파악 보고서	최종보고서 P.26~28		구성이엔드씨	7.0		0.00
													20.0	-	0
양적 달성 정도	목 표					목표 건수	달성 건수	증빙		인정 건수	달성을 (%)	가중치(%)	점수 (100점 만점)		
	사업연계지표	1	특허 출원 건수												
		2	소프트웨어 등록 건수												
		3	국내·외 학술지 게재논문 건수 (SCI)												
		4	국내·외 학술지 게재논문 건수 (비SCI)			1	1	증빙자료집 P.3			0	50	0		
		5	학술발표대회 건수			1	1	증빙자료집 P.6			0	50	0		
													100.0	0	

[2차년도] 성과점검기준표

[과제명 : 제로에너지건축물 적용을 위한 선진국 수준의 에너지성능을 가진 기계설비배관 단열기준 개선 연구]

구분	핵심연구성과(level1)		단위성과물 (level2)		최종 성과점검기준										
					성과검증 기준					전문기관 검토의견 (인정/불인정/일부미흡)	해당기관	가중치 (세부별)	달성평점 (평점 :1~5)	점수 (100점 만점)	
					질적성과지표		목표수준		측정방법						증빙
목표치	달성치														
주관 (기설연)	A	에너지성능기반의 기계설비배관 단열기준	A-4	현장 측정 및 시뮬레이션 분석을 통한 성능 검토	①	배관단열 두께 계산 프로그램 개발	프로그램 개발	프로그램 개발	계산방법제시	최종보고서 P.45~50		대한기계설비산업연구회	7.0		0.00
공동 (구성)					②	신규 배관단열 기준의 에너지 절감을 위한 시공 방안	시공방안 작성	시공방안 작성	시공방법 개선안	최종보고서 P.28~34		구성이앤드씨	4.0		0.00
공동 (중앙대)					③	시뮬레이션 분석을 통한 단열 기준 보완	기존대비 15% 이상	기존대비 15% 이상	CFD 시뮬레이션	최종보고서 P.55~56		중앙대학교	6.0		0.00
공동 (중앙대)	B	제로에너지건축물 인증 시 배관단열 관련 정책제안	B-1	제로에너지건축물 인증제도 검토	①	제로에너지건축물 인증제도의 배관단열 두께 기준 및 에너지 절감량	두께기준 30% 이하 에너지 절감량 15% 이상	두께기준 30% 이하 에너지 절감량 15% 이상	계산이론 및 CFD 시뮬레이션	최종보고서 P.21~26		중앙대학교	3.0		0.00
													20.0	-	0
양적 달성 정도	목 표						목표 건수	달성 건수	증빙	인정 건수	달성을 (%)	가중치(%)	점수 (100점 만점)		
	사업연계지표	1	특허 출원 건수				0	0	-			0			
		2	소프트웨어 등록 건수				1	1	증빙자료집 P.11		0	50	0		
		3	국내·외 학술지 게재논문 건수 (SCI)				0	0	-			0			
		4	국내·외 학술지 게재논문 건수 (비SCI)				1	1	증빙자료집 P.3		0	30	0		
		5	학술발표대회 건수				1	3	증빙자료집 P.6~7		0	20	0		
													100.0	0	

[3차년도] 성과점검기준표

[과제명 : 제로에너지건축물 적용을 위한 선진국 수준의 에너지성능을 가진 기계설비배관 단열기준 개선 연구]

구분	핵심연구성과(level1)		단위성과물 (level2)		최종 성과점검기준										
					성과검증 기준					전문기관 검토의견 (인정/불인정/일부미흡)	해당기관	가중치 (세부별)	달성평점 (평점 :1~5)	점수 (100점 만점)	
					질적성과지표		목표수준		측정방법						증빙
목표치	달성치														
주관 (한국대)	A	에너지 성능 기반 의 기계설비배관 단열기준	A-5	에너지 성능 기반의 기계설 비배관 단열기준 수립	①	에너지 성능 기반의 기계설 비배관 단열기준 제시(공간 위치, 온도조건, 배관두께별)	기존대비 20% 이상	기존대비 20% 이상	계산이론 및 완성본 제 출여부	최종보고서 P.68~77		대한기계설 비산업연구 원	4.0		0.00
공동 (중앙대)	B	제로에너지건축물 인증 시 배관단열 관련 정책제안	B-2	제로에너지건축물 인증 시 배관단열관련 정책 제안	①	제로에너지건축물 인증 시 배관단열 기준 적용으로 인 한 절감량	기존대비 20% 이상	기존대비 20% 이상	계산이론 및 CFD 시물 레이션	최종보고서 P.85~89		중앙대학교	8.0		0.00
공동 (구성)	C	기계설비배관 단 열기준 적용 매뉴 얼	C-2	기계설비배관 단열기준 적 용 매뉴얼	①	매뉴얼 완성본	에너지 절 감량 15% 이상	에너지 절 감량 15% 이상	완성본 제출여부	최종보고서 P.92		구성이엔드 씨	8.0		0.00
													20.0	-	0
양적 달성 정도	목 표						목표 건수	달성 건수	증빙	인정 건수	달성을 (%)	가중치(%)	점수 (100점 만점)		
	사업연계지표	1	특허 출원 건수				2	2	증빙자료집 P.12~13		0	30	0		
		2	소프트웨어 등록 건수				0	0	-			0			
		3	국내·외 학술지 게재논문 건수 (SCI)				1	0	-		0	20	0		
		4	국내·외 학술지 게재논문 건수 (비SCI)				1	3	증빙자료집 P.4~5		0	25	0		
		5	학술발표대회 건수				2	5	증빙자료집 P.8~10		0	25	0		
													100.0	0	

성과증빙자료집

성과 증빙 목록

구분	연차	성과구분	성과명
증빙1-1	1	게재 논문	건물 온수배관에서 단열 두께에 따른 표면온도 변화 시뮬레이션, 대한설비공학회 설비공학논문집 제32권 1호 2020. pp.21-26
증빙1-2	2	게재 논문	온수배관의 설치 위치에 따른 단열재 표면온도 및 에너지 손실량 비교, 대한설비공학회 설비공학논문집 제33권1호 2021. pp.25-30
증빙1-3	3	게재 논문	에너지 성능 기반의 기계설비배관 단열기준 개선을 위한 연구, 한국지열·수열에너지학회 논문집 제17권 4호 2021. pp.28-35
증빙1-4	3	게재 논문	(심사 중)외기노출 난방배관의 단열두께에 대한 기준 및 에너지 손실량 비교, 대한설비공학회 설비공학논문집
증빙1-5	3	게재 논문	(심사 중)건물에너지분석에서의 측정·검증(M&V) 데이터 보간 방안, 대한설비공학회 설비공학논문집
증빙2-1	1	학술발표대회	A study for improving thermal performance of the hot and cold water pipe insulation standard in buildings, EKC2019(Europe-Korea Conference on Science and Technology)
증빙2-2	2	학술발표대회	배관단열기준 개선을 위한 기계설비배관 설치공간의 동하계 온습도 실측 연구, 대한설비공학회 2020 하계학술발표대회 논문집 pp.648-649
증빙2-3	2	학술발표대회	설비배관 단열의 실태와 문제점, 대한설비공학회 2020 하계학술발표대회 논문집 pp.820-823
증빙2-4	2	학술발표대회	병원 건물에서 배관 단열 두께에 따른 시뮬레이션, 대한설비공학회 2020 하계학술발표대회 논문집 pp.58-61
증빙2-5	3	학술발표대회	국내외 배관 단열시공의 비교, 대한설비공학회 2021 하계학술발표대회 논문집 pp.78-81
증빙2-6	3	학술발표대회	공동주택 겨울철 외기 노출 배관의 표면온도측정을 통한 열손실량, 대한설비공학회 2021 하계학술발표대회 논문집 pp.436-439
증빙2-7	3	학술발표대회	외기 노출 배관의 단열두께 선정을 위한 겨울철 외기온 분석, 대한건축학회 2021 추계학술발표대회 논문집 p.373
증빙2-8	3	학술발표대회	건축물의 기계설비 배관단열 설계 프로그램 개발 연구, 대한설비공학회 2021 동계학술발표대회 논문집 pp.107-109

증빙2-9	3	학술발표대회	공동주택 외기 노출 배관의 단열 두께에 따른 열손실량 비교, 대한설비공학회 2021 동계학술발표대회 논문집 pp.116-119
증빙3	2	소프트웨어	건축물 기계설비 배관단열 두께 검토 프로그램, 제C-2020-033611호
증빙4-1	3	특허출원	건축물의 배관의 단열 설계 방법, 출원번호 10-2021-0102645
증빙4-2	3	특허출원	배관 보온재 내 수증기의 길이 방향 전달 차단을 위한 베이퍼 댐, 출원번호 특허-2021-0114409
증빙5	3	정책제안	제로에너지건축물 및 배관의 단열향상을 위한 정책제안보고서
증빙6-1	2	홍보	제로에너지 건축물 적용을 위한 기계설비 배관 단열기준, 설비저널 제49권 2020년 1월호 pp.34-45
증빙6-2	3	홍보	프로그램 홈페이지 게시 및 언론 홍보

[증빙-1] 게재논문

1. 대한설비공학회 설비공학논문집 제32권 1호 2020. pp.21-26

OPEN ACCESS
Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering
Vol. 32, No. 1(2020), pp.21-26
https://doi.org/10.11591/kjare.v32i1.2019.00003
ISSN 1079-6442(Print), 2465-7711(Online)

Copyright(Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering)
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

건물 온수배관에서 단열 두께에 따른 표면온도변화 시뮬레이션

Simulation of Surface Temperature Change by the Insulation Thickness of Hot Water Pipe in Building

김성훈(Song Eun Kim)¹, 박찬형(Jin Chul Park)², 유흥규(Hyung-Kyoo Ryu)³

¹중앙대학교 건축학과, ²중앙대학교 건축학과 교수, ³경원대학교설비공학연구소 연구원

¹Ph.D. Course, Graduate School, Chung-ang University, Seoul, 06974, Korea

²Professor, School of Architecture and Building Science, Chung-ang University, Seoul, 06974, Korea

³Research fellow, Korea Research Institute of Mechanical Facilities Industry, Seoul, 06060, Korea

(Received October 18, 2019; revision received November 28, 2019; Accepted: November 29, 2019)

Abstract The standards for energy-saving in buildings have been steadily strengthened because of the mandatory zero-energy buildings. But the insulation standards for heating and cooling water piping have been applied since 2002, without major changes. Thus, this study is a basic research step in proposing energy-saving insulation standards for building piping in preparation for mandatory zero energy, and the criteria for domestic and foreign piping insulation thickness were investigated. Surface temperature was compared when each thickness criterion was applied. As a result of the domestic and abroad standard comparison, the domestic standard (KCS) for insulation of piping stipulates the type and thickness of insulation material. However, the ASHRAE standard is defined for thermal conductivity. The simulation analysis with piping insulation thickness according to each criterion showed that for low temperatures, the heat transmission coefficient was 0.9 W/m²·K, ASHRAE 0.72 W/m²·K, respectively, and the surface temperature was 6°C higher. For medium temperatures, the heat transmission coefficient of the KCS was 0.72 W/m²·K and ASHRAE was 0.48 W/m²·K, respectively, and the surface temperature was 18°C higher for the KCS. Additionally, when applying the KCS standard, the heat loss per unit length was 1.1 times higher (KCS 4.525.6 W/m, ASHRAE 4.110.6 W/m) for low temperatures and 1.25 times higher (KCS 5.650.0 W/m, ASHRAE 4.519.4 W/m) for medium temperatures than in the case of applying the ASHRAE. The thermal performance of the insulating materials according to the ASHRAE standard is better than that of following the KCS. Thus, the domestic standard also needs to change the thickness of the insulation to the heat conductivity standard rather than the designation for the type of insulation.

Key words: Hot water pipe(온수배관), Insulation thickness of pipe(배관 단열 두께), Surface temperature(표면온도), Simulation(시뮬레이션)

[†] Corresponding author, E-mail: jhpark@cau.ac.kr

기호설명

Q	단열길이 당 열손실량 [W/m]	ti	표면개 포방 반경 [m]
Ti	온수 유온도 [°C]	ki	단열도율 0.6 [W/mK]
Ts	외기 온도 [°C]	ks	단열도율 0.025 [W/mK]
ri	배관 반경 [m]	ki	표면개지 열전도율 [W/mK]

1. 연구배경 및 목적

국내 건축물의 에너지 절약관련 기준은 녹색건축물의 보급 및 확대를 위해 2020년부터 500 m² 이상 도는

김성훈, 박찬형, 유흥규

본 연구에서 진행한 배관의 길이 및 크기 조건은 실제 건축물에 적용되는 정도가 많이 축소된 것으로 표면온도의 단순 비교에는 적용될 수 있으나, 실제 건축물의 배관 열손실량을 추정하기는 어렵다. 따라서 우수 연구를 통해 실제 건축물의 배관 길이 및 단열 두께를 모사하여 에너지 효율과 경제성을 분석함으로써 적정 단열 두께 기준을 제정할 예정이다. 또한 외기에 노출된 경우뿐만 아니라 옥내 공간과 같이 미난방 공간에 노출되는 경우 등 다양한 조건에 대한 평가도 수행될 예정이다.

후 기

본 연구는 국토교통기술혁신연구사업의 일환으로 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)의 지원을 받아 수행되었음(과제번호: 19CTAPC1508301000)

References

- Notice No. 2010-371 of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
- Notice No. 2013-149 of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
- Notice No. 2015-1108 of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
- Choi, S. H., Gam, Y. S., Yun, H. W., and Ryu, H. K., 2017, A Standard Study for Improving Thermal Performance of the Hot and Cold Water Pipe Insulation in Building, Korea Society of Geothermal Energy Engineers, Vol. 13, No. 4, pp. 21-30.
- Notice No. 2017-881 of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Standard for Energy Saving Design of Buildings.
- Gordon, H. Hart, 2010, ASHRAE Standard 90.1-2010 Increases Minimum Pipe Insulation Thicknesses, Insulation Outlook(Insulation Association).
- Product catalog(Finland wool), Byrdickon, http://www.byrdickon.kr/02_outdoor/catalogue.asp.

© SARBE

21

26

© SARBE

2. 대한설비공학회 설비공학논문집 제33권 1호 2021. pp.25-30

OPEN ACCESS
Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering
Vol. 33, No. 1(2021), pp.25-30
https://doi.org/10.11591/kjare.v33i1.2020.00003

Copyright(Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering)
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

온수배관의 설치 위치에 따른 단열열 표면온도 및 에너지 손실량 비교

Comparison of Insulation Surface Temperature and Energy Loss Based on the Location of a Hot-Water Pipe

김성훈(Song Eun Kim)¹, 송용우(Yong Woo Song)², 박찬형(Jin Chul Park)³

¹중앙대학교 건축학과, ²중앙대학교 건축학과 교수, ³경원대학교설비공학연구소

Ph.D. Course, Graduate School, Department of Architectural Engineering, Chung-ang University, Seoul, 06974, Korea
Professor, School of Architecture and Building Science, Chung-ang University, Seoul, 06974, Korea

(Received October 19, 2020; revision received October 26, 2020; Accepted: November 2, 2020)

Abstract In this study, we compared standards for improving the performance of pipes based on their location to better the energy efficiency of buildings. We performed a simulated comparative analysis by measuring the temperature of each installed pipe and applying the insulation-thickness standard used in house and abroad. The pipe shaft located indoors maintained an almost constant temperature, but the pipe installed in an underground parking space was greatly affected by the outside temperature. In winter, the average temperature of the inside pipe shaft and the one on the first basement floor was 25.1°C and 3.1°C, respectively. The simulation analysis for each insulation-thickness criterion showed that the heat loss decreased by 1.7~2.2% when the overseas standard was applied. The analysis of the two insulation locations showed that the average heat loss of the pipe installed in the underground parking space was 36.7% greater than that of the pipe that was installed indoors.

Key words: Hot water pipe location(온수배관 설치 위치), Energy loss(에너지 손실), Insulation surface temperature(단열개 표면온도), Simulation(시뮬레이션)

[†] Corresponding author, E-mail: jhpark@cau.ac.kr

기호설명

Q	단열길이 당 열손실량 [W/m]	ti	표면개 포방 반경 [m]
Ti	온수 유온도 [°C]	ki	단열도율 0.6 [W/mK]
Ts	외기 온도 [°C]	ks	단열도율 0.025 [W/mK]
ri	배관 반경 [m]	ki	표면개지 열전도율 [W/mK]

1. 연구배경 및 목적

1.1 연구 배경 및 목적

국립에너지 연구원의 정례에 따라 2020년 1월 1일 이상 부양건축물을 시작으로 2030년에는 모든 건축물의 에너지 효율을 평가하여 에너지 절약 관련 기준을 강화할 예정이다. 특히 모든 건축물은 건축물의 에너지 효율을 평가하여 하로, 연간 단위면적당 1㎡당 에너지 소비량은 주거용 건물일 경우 60-80 kWh/m²·년 미만, 주거용 이외의

김성훈, 송용우, 박찬형

후 기

본 연구는 국토교통기술혁신연구사업의 일환으로 국토교통부(국토교통과학기술진흥원)의 지원을 받아 수행되었음(과제번호: 20CTAPC1508301002)

References

- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2019, The 2nd Basic Plan for Green Buildings (2020-2034).
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2020, Building energy efficiency level certification and zero energy building certification standards, Notice No. 2020-574.
- Korea Conformity Laboratories, 2017, A study on improving the energy efficiency system of building.
- Hansburg, A. and Kallmeyer, T., 2020, The Influence of Heat Loss from Pipes in an Unheated Basement on the Heating Energy Consumption of an Entire Typical Apartment Building, E3S Web of Conferences, Vol. 172.
- Choi, S. H., Gam, Y. S., Yun, H. W., and Ryu, H. K., 2017, A Standard Study for Improving Thermal Performance of the Hot and Cold Water Pipe Insulation in Building, Korea Society of Geothermal Energy Engineers, Vol. 13, No. 4, pp. 21-30.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2018, Energy Saving Design Standards for Buildings, Notice No. 2017-881.
- Gordon, H. H., 2010, ASHRAE Standard 90.1-2010 Increases Minimum Pipe Insulation Thicknesses, Insulation Outlook(National Insulation Association).
- Kim, S. E., Park, J. C., and Ryu, H. K., 2020, Simulation of Surface Temperature Change by the Insulation Thickness of Hot Water Pipe in Building, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 32, No. 1, pp. 21-26.
- Jung, Y. G., Kim, S. E., and Park, J. C., 2020, Simulation of Pipe Insulation Thickness in Hospital Buildings, Proceeding of SAREK 2020 Summer Annual Conference.

© SAREK

30

© SAREK

한국지열·수열에너지학회논문
Korean Society for Geothermal and Hydrothermal Energy (KSJGHE)
Vol. 17, No. 4, pp. 28-35 (2021)

ISSN 2799-4763 (Print)
ISSN 2799-4805 (Online)
<https://doi.org/10.11664/kjghe.2021.17.4.028>

에너지 성능 기반의 기계설비배관 단열기준 개선을 위한 연구

The Study to Improve the Insulation Standards for Mechanical Pipes based on Energy Performance

홍석원(Hwonn Yun)*, 류형규(Hyung Kyou Ryu)†

*대한기계제빙산업연구소 선임연구원, †대한기계제빙산업연구소 연구원
Associate Research Fellow, Korea Research Institute of Mechanical Facilities Industry, Seoul, Korea
*Senior Research Fellow, Korea Research Institute of Mechanical Facilities Industry, Seoul, Korea

Abstract
The need for zero-energy building is increasing as a means of actively responding to climate change. Since pipe insulation is a factor that minimizes heat loss of cooling and heating facilities, it is necessary to check pipe insulation standards and prepare improvement plans of preparation for certification of zero energy buildings. In this study, domestic pipe insulation standards were checked to propose new insulation standards based on energy performance. Through the development of a pipe insulation calculation program, the heat loss according to the insulation thickness of the piping for mechanical facilities was compared and reviewed. As a result, applying the insulation thickness of the U.S. standard for the same conditions increased the heat loss by an average of 10% compared to the ASHRAE standard. For this reason, it is necessary to revise the pipe insulation thickness standard in consideration of heat loss due to thermal conductivity and pipe insulation thickness. Using the program in this paper, it is possible to design pipe insulation based on energy performance and help to determine the standard for pipe insulation thickness.

Key words: Mechanical Pipe(기계설비배관), Insulation Standard(단열기준), Energy saving(에너지저감)

*Corresponding author
E-mail: yhwon@krmfi.re.kr
출판일: 2021년 1월 30일; 접수일: 194-2021년 10월 27일, 294-2021년 11월 10일; 채택일: 2021년 11월 10일

1. 서 론

최근 폭염 등 이상기후 현상이 증가함에 따라 국가 온실가스 감축 목표를 이행하고, 신재생에너지 활용을 촉진하며, 기후변화에 적극 대응하는 수단으로 에너지효율성 개선이 높아지고 있다. 정부에서는 2030 국가 온실가스 감축목표 상향화를 발표하고 건물 부문에서는 제로에너지 건물 건설을 확충할 유도, 에너지 고효율을 기하기 보급, 스마트에너지 관련 등을 통해 2018년 52.1백만톤에서 2030년 35.0백만톤으로 32.8% 감축되는 것을 목표로 하고 있다. 제로에너지건축물 인증 제도를 추진하면서 경쟁력 있는 경쟁 제품인, 가시적인 절감효과를 기대하고 에너지 효율 인증제도 또한 냉방, 난방, 조명, 급탕, 주열, 환기, 지하, 수송에너지도 함께 인증하는 것을 계획하였다. 건축물의 에너지 절감을 위한 방안은 건물에 건축물 에너지 효율 등급을 다양한 인증 기준을 정하고자 있으며 건축물의 설계 시 이러한 인증 기준들을 만족할 수 있도록 에너지 성능을 예측하고 평가하는 것이 요구되고 있다. 국내에서는 18cm 이상 풍공극률률을 시작으로 벽체까지 지 건축물의 외부까지 사면까지 2030년까지 50cm 이상의 모든 건축물이 의무화 대상에 포함된다. 제로에

외기노출 난방배관의 단열두께에 대한 기준 및 에너지 손실량 비교

Comparison of Standards and Energy Loss for the Insulation Thickness of Heating Pipes Exposed to Outdoor Air

김성호(Seong Dam Kim)^{*}, 유민성(Min Seung Yoo)^{*}, 송홍학(Yong Woo Song)¹, 박진철(Jin Chul Park)²
¹중앙대학교 건축공학부 박사과정, ²중앙대학교 건축공학부 석사과정, ³중앙대학교 건축학과 교수, ⁴중앙대학교 건축학과 교수
¹P.O. Box 279, School of Architecture & Building Science, ChungAng University, Seoul, 06974, Korea
²P.O. Box 279, School of Architecture & Building Science, ChungAng University, Seoul, 06974, Korea
³P.O. Box 279, School of Architecture & Building Science, ChungAng University, Seoul, 06974, Korea

Abstract This study compares the standard of insulation thickness of heating pipes exposed to outdoor air and the amount of energy loss, and the research results are as follows: 1) As a result of comparing the Korean Construction Specification - Mechanical Insulation (KCS S12005-2017) and the 2021 International Energy Conservation Code, the standard for thermal conductivity test temperature conditions in Korea needed to be improved. In addition, it was necessary to add a classification standard according to the installation location of the pipe. 2) As a result of on-site measurement of pipe temperature, in the case of an underground pipeline, it was measured similarly to the outside temperature. This value was much lower than the KCS standard temperature (30°C), and it was found that a lot of heat loss occurred. 3) As a result of comparing the amount of energy loss according to the ambient temperature, it was found that the amount of energy loss increased by 234% when the field measurement temperature (5.1°C) was applied than the KCS reference temperature (30°C).

Key words Heating Pipe Insulation Thickness(난방배관 단열두께), Heat Loss(열손실), Domestic and International Standard(국내·외 기준), Winter Temperature(겨울철 온도)

^{*} Corresponding author, E-mail: jscpark@cam.ac.kr

기초설명
Q : 단위길이당 열손실량 [W/m]
a : 재료의 열전도율 [W/m·K]
T₁ : 재료 표면 온도 [°C]
T₂ : 재료 내부 온도 [°C]
L : 재료 두께 [m]

a : 재단 단열 두께 [mm]
a : 재단 외단 단열 두께 [mm]
L : 수직이 사용되는 파이프의 길이 [m]
L : 절연된 파이프의 길이 (°C·K), 공기 저항 계수 3-25

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

본부는 2021년 10월 30일 국가에너지기술 정책위원회(Nationally Determined Contribution, 이하 NDC)를 상향 발표하였다. 2030년까지 건축분야 할 목표는 2018년 대비 35%, 이 중 3%가 에너지로 수정되었으며, 건축 분야 에너지효율 2018년 대비 19.5%에서 22.8%로, 더욱 강화되었다. 건축분야의 에너지효율 증진을 위해

© SAREK

김성호, 유민성, 송홍학, 박진철

배관의 열손실량 산정 결과는 Table 4에 같다. 배관 주변 온도가 KCS에서 제시하는 30°C 기준에서의 단열 두께가 40mm일 때 열손실량 7.3 W/m이다. 그러나 겨울철 주변 온도는 현실 3.1°C의 열손실량은 17.1 W/m로, 30°C 기준에서 약 2.3배 증가하는 것을 확인할 수 있다. 겨울철에는 170mm인 3.1°C 단열두께를 상습시켜야 30°C 기준과 동일한 수준을 달성하는 것으로 나타났다.

IECC 기준에서는 외기 노출된 배관의 경우 추가적으로 R-4, R-12의 단열요구를 하하고 있다. 이에 따르면, 해외 조건에서 단열재의 두께가 49.3~44mm 이내 추가되어야 한다. 해당 건축분야 별에서 IECC의 일반적인 단열두께 기준이 38.1mm(이로써 외기에 노출된 배관의 두께가 47.4 - 112.1mm) 두께를 적용해야 한다. 이는 본 연구에서 0.04m, 0.10m의 단열두께를 적용한 수온이 40°C일 때, 열손실량과 각각 10.4 W/m, 9.2 W/m로 40mm를 적용 시보다 39%, 46% 감소한다.

Input		T ₁ [°C]		30		5		Pipe Diameter [mm]		100	
		Insulation Conductivity [W/m·K]		0.025		0.050		W/m		W/m	
		Ambient Temperature [°C]		30		3.1		Material		Material	
		Insulation Thickness [mm]		40		40		50		60	
		Heat loss [W/m]		7.3		17.1		14.5		13.2	
		Decrease Rate [%]		-		234		204		182	
		Decrease Rate [%]		-		13		22		29	
		Decrease Rate [%]		-		35		39		43	
		Decrease Rate [%]		-		46		49		51	
		Decrease Rate [%]		-		53		54		56	

1) T₁: Fluid operation temperature range and usage

5. 결 론

본 연구는 국내 겨울철 배관단열장비를 개선하고자 하는 것으로 국내·외 기준 비교, 지하와자랑의 겨울철 배관장비 그리고 배관의 주변 온도 및 단열두께별 에너지 손실량 비교를 실시하였다. 그 연구결과를 종합한 다음에 같다.

- 1) 국내 KCS 기준의 경우, 공동주택 난방공급온도 40~60°C 범위 단열두께는 IECC 기준과 유사한 수준이었다. 그러나 주택이 경우 한계 수온 범위 내 적합한 열전도율을 사용해도 기준을 초과하고 있지 않기 때문에 배관 단열두께가 국내 기준보다 상향되어야 한다. 또한, 국가는 배관 단열두께를 개선하기 위해, 국외 같이 외기에 노출된 배관도 단열을 하도록 되어 있어 IECC와 같이 Climate Zone에 따른 기준변경이 요구된다.
- 2) 국내 공동주택 지하와자랑 겨울철 배관온도 측정 결과, 외부에 연결된 KCS 기준과 같은 외기온이 평균 1.5°C일 때, 배관 주변 온도는 3.1°C로 거의 유사하게 나타났다. 이는 KCS 기준온도 30°C와 차이가 26°C가 발생하므로 KCS 기준보다도 훨씬 많은 열손실이 발생할 것으로 판단된다.
- 3) 겨울철 주변 온도는 기준온도 31°C로 설정하여, 단열두께에 따라 에너지 손실량을 비교한 결과, KCS 기준인 40mm 단열두께 적용 시 겨울철도 30°C기준 겨울철 31°C를 적용할 경우 에너지손실량 234% 증가하는 것으로 나타났다. 또한 IECC 기준에 따라 외기노출된 경우와 지하 단열두께는 90mm, 110mm가 증가하는 것은 에너지손실량을 KCS 기준보다 39%, 46%로 감소시킨다 수 있다.

주 기

본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 국토교통부/국토교통과학기술진흥원으로부터 지원을 받아 수행한 연구사업이다(과제명: 21CTAP-C15139-03).

94

© SAREK

5. 대한설비공학회 설비공학논문집 제34권 3호 2022.

건물에너지분석에서의 측정·검증(M&V) 데이터 보간 방안 Data Interpolation Methods for Energy Measurement and Verification (M&V) in Building Energy Analysis 박용미(Yim Mi Park)¹, 김성은(Soong Eun Kim)², 정민하(Min Hee Chung)³, 박진철(Jin Chul Park)⁴ ¹중앙대학교 건축공학과 석사과정, ²중앙대학교 건축공학과 박사과정, ³중앙대학교 건축학부 조형교수, ⁴중앙대학교 건축학부 교수 ¹M.S. Course, Architectural Engineering, Graduate School, Chung-Ang University, Seoul, 06974, Korea ²Ph.D. Candidate, Architectural Engineering, Graduate School, Chung-Ang University, Seoul, 06974, Korea ³Training Professor, School of Architecture & Building Science, Chung-Ang University, Seoul, 06974, Korea ⁴Professor, School of Architecture & Building Science, Chung-Ang University, Seoul, 06974, Korea Abstract This study aims to present an interpolation method to perform Measurement and Verification (M&V) in building energy analysis and its validity was verified through case study. For interpolation of data, it is first judged whether the outlier among the measurement data of the building energy system is normal, and the value determined as an error goes through selecting an appropriate interpolation method by reflecting its characteristics. As a result of interpolating missing data for 1 day, 1 week, and 2 weeks through the case study, since short-term missing data has a linear characteristic, reliable data could be obtained even by applying the mean interpolation method. However, in the case of long-term missing data, volatility is high, making it difficult to secure the reliability of the data in that way. In such a case, it is deemed reasonable to use the regression method using the regression method derived from the correlated variable data. Key words Data Interpolation(데이터 보간), Measurement and Verification(M&V)(측정 및 검증), Building Energy Analysis(건물에너지분석) * Corresponding author, E-mail: sollover@ccu.ac.kr 1. 서 론 1.1 연구 배경 및 목적 정부는 2012년부터 녹색건축물 조성 지원법을 제정하고 공공 및 민간부문 지원을 통한 그린리모델링 활성화 사업을 추진해왔다. 2020년 7월에 한국판 뉴딜 종합계획이 발표되면서 그린뉴딜의 일환으로 그린리모델링이 다시 한번 부각되며로 제재되고 하였다¹⁾ 이러한 그린리모델링 사업 계획 중 하나는 기존 노후 건축물 대비 에너지 효율을 향상시키는 데 있으며, 사업의 성공여부를 판단하기 위해 이 개선 효과를 얼마나 객관적으로 평가할 수 있는지가 중요해졌다. 에너지 절감 효과를 평가하기 위한 수단으로 대표적인 것이 M&V(Measurement and Verification) 방법론이다. M&V는 에너지 소비시스템의 성능 개선을 통해 에너지 및 비용 절감 효과를 정당화하기 분석하는 프로세스라고 정의할 수 있다²⁾ 국제에서는 IPMVP(International Performance Verification and Measurement	건물에너지분석에서의 측정·검증(M&V) 데이터 보간 방안 이 용어를 방법으로 제안하고, Case study를 통해 타당성을 검증하였다. 그러나 본 연구의 사례는 전기에너지만을 사용하는 건축물에 국한되어 다양한 에너지원을 사용하는 멀티시스템을 적용한 사례에 대한 추가 연구가 필요하다. 향후에는 건물에너지 소비량에 영향을 주는 더 많은 시스템 특성과 상관변수의 분석을 통해 데이터별 보간법을 제안하고, 다양한 사례 연구를 통해 신뢰도를 향상시켜나갈 예정이다. 후 기 본 연구는 국토교통과학기술진흥원연구사업의 일환으로 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행한 연구과제임이다(과제번호 : 21CTAP-C152139-03). References 1. Jointly with relevant Ministries, 2020, The comprehensive plan for the Korean New Deal 2. The US Department of Energy, 2015, M&V Guidelines: Measurement and Verification for Performance-Based Contracts Version 4.0 3. Efficiency Valuation Organization, 2012, International Performance Measurement and Verification Protocol: Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings Volume 1 4. American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers(ASHRAE), 2014, ASHRAE Guideline 14-2014: Measurement of Energy, Demand and Water Savings 5. Korea Energy Agency, 2015, M&V Guidelines for Calculating Energy Savings for Equipment Replacement, etc. 6. KS F 1898-1, 2019, Building Energy Management System - Part 1 : General Requirements 7. Cho, K. S., Park, J. J., and Rhoe, C. H., 2005, A Missing Data Calibration Technique for Measurement and Verification of Energy-Efficiency Programs, the 36th Summer Conference of the Korean Institute of Electrical Engineers, pp.834-836. 8. Toon, Y. R., Lee, M. H., and Moon, H. J., 2018, Comparison of Building Energy Prediction Models based on Machine Learning Algorithms for Hourly M&V Baseline, Journal of The Korean Society of Living Environmental System, Vol.25, No.5, pp.595-602. 9. Bask, S. J. and Yoon, S. G., 2018, Interpolation Methods by Loss Types for Missing Smart Meter Data, the 49th Summer Conference of the Korean Institute of Electrical Engineers, pp.1151-1154. 10. Jung, J. H., 2018, Electricity Load Forecasting with Weather Data for Commercial Buildings based on Machine Learning, Chung-Ang University Graduate School 11. Park, Y. M., 2022, Data Interpolation methods for Building energy Measurement and Verification (M&V), Chung-Ang University Graduate School
---	---

* 4~5. 논문 게재예정 증명서

논문게재예정증명서 논문제목 : 외가노출 난방배관의 단열두께에 대한 기준 및 열에너지 손실량 비교 저 자 : 김성은*, 유민상**, 송용우***, 박진철**** 소 속 : **중앙대학교 건축공학과 박사과정 ***중앙대학교 건축공학과 석사과정 ****중앙대학교 건축공학과 박사후연구관 *****중앙대학교 건축학부 교수 상기 논문은 설비공학논문집 제34권 제3호(2022년 3월 10일 발행)에 게재 예정임을 증명합니다. 2022. 2. 14. 사단법인 대한설비공학회 편집위원장 회	논문게재예정증명서 논문제목 : 건물에너지분석에서의 측정·검증(M&V) 데이터 보간 방안 저 자 : 박용미*, 김성은**, 정민하***, 박진철**** 소 속 : **중앙대학교 건축공학과 석사과정 ***중앙대학교 건축공학과 박사과정 ****중앙대학교 건축학부 조형교수 *****중앙대학교 건축학부 교수 상기 논문은 설비공학논문집 제34권 제3호(2022년 3월 10일 발행)에 게재 예정임을 증명합니다. 2022. 1. 20. 사단법인 대한설비공학회 편집위원장 회
---	---

[증빙-2] 학술발표대회

1. EKC2019(Europe-Korea Conference on Science and Technology)



2. 대한설비공학회 2020 하계학술발표대회 논문집 pp.648-649

대한설비공학회 2020 하계학술발표대회 논문집 pp. 648 ~ 649

20-S-169

배관단열기준 개선을 위한 기계설비배관 설치공간의 동해계 온습도 실측 연구

A Study on the measurement of temperature and humidity of winter and summer in the mechanical space for pipes to improve pipe insulation standards

홍승혁(Seung-Hyuck Choi)*, 부형규(Hyung-Kyou Ryu)
대한기계설비연구원
Korea Research Institute of Mechanical Facilities Industry

Abstract In Korea, all new buildings must become zero-energy buildings by 2025. For zero-energy building, it is also necessary to save energy in piping. The pipe insulation standards has not been revised since 2002, so it is necessary to revise through measurement data. The ambient temperature standards of pipe insulation standards are 30 degrees in summer and 20 degrees in winter. As a result, the average temperature was 38.1 degrees in the machine room in summer and 7.9 degrees in the underground parking lot in winter. Therefore, there is a need to revise the pipe insulation standards.

Key words Pipe(배관), Pipe insulation standard(배관단열기준), Mechanical space(기계설비공간)

† Corresponding author, E-mail: abchoi@krfmi.or.kr

1. 서론

전 세계적으로 소비되는 에너지 중 건물에서 소비되는 에너지가 30% 정도로 가장 큰 비중을 차지하고 있어, 국내에서는 신건물축열의 에너지 성능 기준을 단계적으로 강화하여 25년후로 모든 신축건물들에 대해 제로에너지의 수준으로 의무화할 계획으로 다수의 관련 법률들이 제정되고 있다. 기계설비에 대해서는 배관단열을 하고 있는 2002년 이후 단열기준에 대한 개정이 되고 있지 않아, 본 연구에서는 실측 데이터를 통해 배관단열 기준을 검토해보고자 한다.

2. 배관단열 기준

KCS 31 20 05, 2006(이하 KCS)은 국가건설기준 표준치명기표 보온기준을 다루고 있다. 2002년 개정된 이후, 2011년 고압배관보온기준에 대한 기준이 추가된 것 이외에는 배관단열기준에 대한 변화가 없었다. Table 1에

Table 1 KCS 31 20 05, 2016 (고압배관보온기준 제외)

배관수온	주위온도	상대습도	표면온도	15A	20A	25A	32A	40A	45A	55A	60A	100A	125A	unit
30℃	50%	under 75%	under 75%	25	35	35	40	40	40	40	40	40	40	℃
			75%~85%	25	35	35	40	40	40	40	40	40	℃	
			85%~95%	25	35	35	40	40	40	40	40	40	℃	
			95%~100%	25	35	35	40	40	40	40	40	40	℃	
20℃	50%	under 75%	under 75%	25	35	35	40	40	40	40	40	℃		
			75%~85%	25	35	35	40	40	40	40	40	℃		
			85%~95%	25	35	35	40	40	40	40	40	℃		
			95%~100%	25	35	35	40	40	40	40	40	℃		

서 관내수는 5-13℃의 기준을 초과하면 외부기는 30℃와 상대습도 75%의 기준을 통해서 결로 방지가 목적인을 알 수 있고, 관내수는 61-220℃의 기준에서는 표면온도 40℃기준을 통해 화상방지가 목적인을 알 수 있다.

3. 기계설비배관 설치공간 온습도 측정

일반적으로 기계실에서 냉온수가 생산되면 기계실, 지하주차장, PS(Pipe shaft)를 지나게 된다. 따라서 온도, 습도, C°(냉난방)에서 하절기(2019년 8월~9월), 동절기(2020년 12월~1월)의 기계실, 지하주차장, PS, 외부공간에 온도, 습도를 설치하여 데이터를 측정하였다.

Table 2 기계설비배관 설치공간 온습도 측정 결과

기종	장소	측정 항목	측정 결과
하절기	기계실	온도	38.1℃
		습도	75%
		온도	38.1℃
		습도	75%
동절기	기계실	온도	7.9℃
		습도	75%
		온도	7.9℃
		습도	75%

하절기 실내온도와 외기온도를 비교하면, 결과 기계실(B)에서는 평균 38.1℃, 지하차장 주차장(B-C)에서는 평균 30.5℃로 KSC에서 활용되었던 30℃보다 더 높게 나타났다. 하절기 노상온도와 외기온도를 비교하면 결과 대부분 기온, 습도, 지하차장 주차장 외기온도도 또한 결로 발생확률은 거의 없는 것으로 나타났다. 동절기 실내온도와 외기온도를 비교하면 결과 지하차장 주차장(B)에서는 평균 7.9℃로 KSC에서 활용되었던 20℃보다 낮게 나타났다.

4. 결 론

배관단열기준을 실측 데이터로 검토해 본 결과, 여름용 기계실(38.1℃)과 지하차장 주차장(30.5℃)에서는 KSC에 활용되었던 30℃보다 더 높게 나타났다. 하절기 노상온도와 외기온도를 비교하면 결과 대부분 기온, 습도, 지하차장 주차장 외기온도도 또한 결로 발생확률은 거의 없는 것으로 나타났다. 동절기 실내온도와 외기온도를 비교하면 결과 지하차장 주차장(B)에서는 평균 7.9℃로 KSC에서 활용되었던 20℃보다 낮게 나타났다.

후기

본 연구는 국토교통부 국토교통기술혁신연구사업의 연구비 지원(2020KAP-C133081-02)에 의해 수행되었습니다.

References

1. J. Lantieri, 2008, Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings, IEA Information paper.
2. 국가건설기준센터 <https://www.kscn.go.kr/>

3. 대한설비공학회 2020 하계학술발표대회 논문집 pp.820-823

대한설비공학회 2020 하계학술발표대회 논문집 pp. 820 ~ 823 20-S-215 설비배관 단열의 실태와 문제점 Site Problems and Existing Conditions of Thermal Insulation for Mechanical System Pipes 성준영(Sun Kyung Sung)^{1†}, 홍원규(Hyung Chyu Kyu)² ^{1†} 가천대학교, ² 대한기계산업연구원 [†]Gachon University, 1342 Sungnamdaero, 13120, Korea, ²Korea Research Institute of Mechanical Facilities Industry, Seoul, 06068, Korea Abstract 기계설비 시스템에서 배관의 단열은 에너지 절약 효과에 큰 영향을 미친다. 배관 내재는 고온이나 저온의 유체가 유동을 하므로 배관 주위와 열전달을 통해 열의 전달이 발생한다. 이때 배관 주위를 감싸고 있는 단열재의 성능과 시공 상태에 따라 단열효과가 다르게 나타나기도 하지만 중간 후 오랜 시간이 경과하면인지 단열재의 성능이 저하되거나 유기관과 상태에 따라 단열효과에 차이가 있다. 이에 종신과 같은 열전달에 대하여 단열재와 외장재에 대한 실태를 조사하여 시공단계와 유지관리 단계에서 단열정도를 저하시키는 원인과 문제점을 파악하고 향후 설계와 시공 시 고려하여야 할 내용에 대한 기준을 제시하고자 한다. Key words Thermal Insulation(단열), Mechanical System Pipe(기계설비배관) † Corresponding author, E-mail: sksung@gachon.ac.kr 1. 서론 건축물 내에 설치되어 있는 기계설비 시스템은 열에너지를 열원장으로부터 배관들을 통하여 열이 필요한 공간인 장소로 이동하고 있다. 이때 배관 내재는 증기, 온도, 압력 등이 흐르고 있어 배관 주위와 열전달이 일어나 에너지 손실이 발생한다. 이때 배관의 열손실을 줄이기 위하여 배관 외부에는 단열재를 시공하여 열전달을 막게 되므로 한다. 또한 단열재 외부에는 단열재의 기능과 외관상의 보수를 위하여 마감재로 시공한다. 배관 재사용에서 발생하는 에너지 손실이 일반적으로 인식하고 있는 15% 정도의 손실량이 실제로는 더 높게 발생하고 있는 것을 실제 사례 연구를 통하여 확인할 수 있다. 또한 시공 후 시간이 경과하였을 때 노후 상태와 원리 상태에 따라 단열 성능에 영향을 미칠 수 있으므로¹⁾ 이에 대한 실태조사를 통하여 문제점을 파악하고 향후 시공 단계에서 고려하여야 할 기준을 제시함으로써 배관에서 손실되는 에너지를 최대한 줄일 수 있도록 하고자 한다. 2. 조사대상과 보존자료 특성 건축물 내역 시공되어 있는 배관 보존의 유적 실태와 문제점을 파악하기 위하여 공준 후 5년이 경과한 건물들을 대상으로 조사하였다. 조사 대상 건물은 건물에 다양성에 따른 결과를 보기 위하여 사무용, 병원, 공동주택, 학교 등으로 하였다. 대상 건물 수는 총 16개 현상으로 사용 열원의 종류, 열매의 사용온도, 배관 주위 온도, 사용온도와의 온도차, 두께, 보온이론 시공방법, 보존재 표면 온도, 배관유체의 보온방법, 냉수관 절로 발생 유체, 보온유체와의 두께 차이가 조사하였다. 보존재와 보온유체와의 사용법을 파악하기 위하여 시공된 재료의 경화상태나 변형 상태를 확인하였다.	최소기준을 제공하는 것이고 국제에너지기 협약기준에는 50 mm 기준으로서 급방관의 경우 40 mm, 온수관의 경우 50 mm, 증기관의 경우 80 mm 정도면으로도 수에 결할 시 이를 감소하는 것이 바람직하다. 또한 사용재료 선택 시 사용유체의 유동을 고려하여 표층이항이 양의 보존재의 최적안일 성능시험, 내화시험, 연소성능시험 및 가스 유체상시험 기준에 적합한 재질을 선택하여야 한다. 외장재와 관련된 사항으로 외장재는 기계적, 화학적, 열적 및 습한 상태 조건과 비열 및 외관 요인에 기초한다. 단열재나 단열을 위한 마감재로서 잘 아니라는 단열의 효율성과 기능을 위하여 습기 유입과 흡수에 의한 표면 열전달 저감, 기계적, 화학적 손상으로부터 보호하는 것은 고려하여야 한다. 또한 더위에서부터 단열재로의 유입기와 통풍을 거친시기도를 설계되어야 한다. 부습성의 영향으로 10년 정도 경과 후 열전도율의 변화가 글라스울의 경우 6% 정도, 고무발포는 37% 정도, 폴리우레탄폼은 42% 정도 증가한다는 연구 보고도 있다.²⁾ 이에 단열재의 부습률이 단열 성능에 중요한 파급효과를 할 수 있다.³⁾ 저밀한 고인도 밀봉은 시스템의 장기적 절열과 기능에 중요하다. 외장재 선택 시 열의 사용을 고려하여야 하나 대부분 이를 고려하는 경우가 많다. 특히 방수배관의 경우 절로방지를 위하여 외부로부터의 습공기가 침투하지 못하도록 기밀시공을 하여야 하나 표 3과 같이 유입과 보존재와 폴리우레탄으로 시공하는 경우 부습의 방지는 어려운 편이다. 또한 발포폴리우레탄과 폴리우레탄을 사용하는 경우에도 이음부에서 대한 폴리우레탄 시공을 추가하는 경우가 많아 부습방지는 어려운 편이다. 또한 폴리우레탄의 경화상태를 내부습기 많은 경우 기밀성능이 떨어지게 된다. 또한 보존재의 습관부속에서 기밀성과 내수력이 긴 경우에는 길이방향으로의 부습의 전도를 저감시키기 위하여 습공기차단(vapor stop) 기능을 갖추어야 할 것으로 보인다. 4. 결 론 본 조사연구는 준공된 건물에 대하여 설비배관의 보존 실태를 조사하여 에너지 손실에 영향을 주는 문제점을 밝혀내는 목적이 있으며 그 결과는 아래와 같다. (1) 준공 후 유지관리 단계에서 보수 후 훼손된 부분이 발생해도 원상대로 복구가 가능한 실정이다. 이에 유지관리 단계에서 필요한 예비작업 확보와 보존 훼손으로 인한 에너지 손실에 대한 개념을 열의 변화가 필요하다. (2) 냉수 배관을 사용하는 경우 콘크리트나 페트릭, 콘크리트 등에서 절로 현상이 많이 일어나 배관이나 장비의 손상을 유발하고 에너지 손실이 발생하므로 이에 대한 철저 대책이 필요하다. (3) 보존재의 두께가 200mm 이상인 경우보다 얇은 재질을 사용한 경우와 이와 현상이 있어 실제와 시공을 관리하는 철저하게 하는 것이 필요하며 특히 사용유체와 따른 보존재의 최적안정성을 확보할 필요가 있다. (4) 외장재는 단열의 효율성과 기능을 위하여 새로운 재료의 개발과 시공방법의 개선이 필요하다. 후기 본 연구는 2020년도 국토교통연구개발특화연구사업의 일환으로 지원을 받아 수행한 연구 과제임이다(과제번호 19CTAP1C1508301000). References - 김도훈, 박병석, 2009, 공동주택 단지에 배관 보존에 사용실태 조사, 대한설비공학회 동계학술대회논문집, pp. 662-685. - Young I Kim, Kwang Seop Chang, Hoo-Kyu Oh, Seung-Jae Shih, and Jong-Tack Oh, 2009, Research on Improvement of Insulation Construction Performance, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, pp. 336-341. - Seong-Yeon Yoo, Tae-Ho Kim, 2013, A Study on the Effects of Water Absorption on the Thermal Conductivity of Insulation Materials, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 25, No. 3, pp. 119-125.
--	---

4. 대한설비공학회 2020 하계학술발표대회 논문집 pp.58-61

대한설비공학회 2020 하계학술발표대회 논문집 pp. 58 ~ 61 20-S-021 병원 건물에서 배관 단열 두께에 따른 시뮬레이션 Simulation of Pipe Insulation Thickness in Hospital Buildings 정용기(Yong Gi Jung), 김성훈(Seong Eun Kim), 박진철(Jin Chul Park)[†] 중앙대학교 석사과정, 중앙대학교 박사과정, 중앙대학교 건축학부 교수 MS Course, Graduate School, Chung-Ang University, Seoul, 06974, Korea Ph.D. Course, Graduate School, Chung-Ang University, Seoul, 06974, Korea Professor, School of Architecture and Building Science, Chung-Ang University, Seoul, 06974, Korea Abstract This study compares and analyzes whether the thickness of the pipe insulation of KCS standard and ASHRAE standard satisfies the current standards. A lot of energy is being consumed in buildings, and energy loss in pipe is a big part. The energy loss in such buildings can be reduced through pipe insulation. As a result of simulation analysis, in the case of low temperature water, the surface temperature of the heat insulating material did not satisfy the current standard in the insulation thickness of the KCS standard. On the other hand, the current standard was satisfied in the ASHRAE standard. Therefore, in order to satisfy the reference temperature, it is necessary to change the standard of the insulation thickness to satisfy the thermal conductivity. Key words Simulation(시뮬레이션), Pipe Insulation(배관 단열), Surface temperature(표면온도), Insulation Thickness(단열 두께) † Corresponding author, E-mail: jinepark@cau.ac.kr 1. 연구배경 및 목적 국내 건축물의 에너지 절약 관련 기준에 따라 2020년부터 연면적 1,000 m² 이상 건축물을 대상으로 제로에너지 건물 의무화가 본격 시행되었고, 2030년부터는 500 m² 이상 모든 건축물에 대해 최대 10%의 절감이다.¹⁾ 국내 최종 에너지 소비량 중 건물에너지 부문은 2016년 기준 약 20%를 차지하고 있으며, 이 중 최다 비중은 건물에너지소비량 중 약 2% 차지한다. 그러나 단위면적당 에너지 소비량이 주위 및 기타 시설에 비해 상대적으로 높아 에너지 소비량이 많은 시설로 분류된다.²⁾ 최소기준의 경우 온도별 에너지 사용량은 난방(15.5%), 냉방(25.1%), 사무기기 및 기타 장비(17.0%), 열도 및 냉방 등의 일반용도(10.6%), 조명(9.3%), 급탕(6.5%)으로, 24시간 냉난방 운전이 되는 공간이 많은 특정 상 냉난방 에너지 사용량은 전체의 56.0%를 차지한다.³⁾ 이러한 난방, 냉방, 급탕 에너지가 배관 및 덕트를 통해 전달되기 때문에 파동 에너지 소비량 외에 열수송으로 인한 손실량을 저감하는 것도 중요하다. 건물 배관 및 덕트의 절단을 통한 열 손실은 배관의 단열을 통하여 줄일 수 있다.⁴⁾ 그러나 국내의 경우 건물 내 배관의 열손실을 단열을 통해 줄일 수 있음에도, 건축계열별 공차 표준시행사항에 따른 단열에 관한 규정은 2002년 개정된 이후 2011년에 고무발포 단열재의 추가 외에 변경이 없는 상황이다.⁵⁾ 앞으로 제로에너지 건물 의무화를 대비하기 위해서는 배관 단열 기준에 대한 검토와 연구를 통해 배관 단열 기준을 향상할 필요가 있다. 따라서, 본 연구는 병원 건물에서의 동열기 온도 실험 데이터를 기반으로 국내외 기준을 적용한 시뮬레이션 분석을 통해 배관 단열재의 성능을 분석하였다.	58 - - 823 - 4. 결 론 본 연구는 겨울철 병원 건물 지하층에서의 실험 온도를 이용하여 건물의 배관 단열재의 시뮬레이션을 통해 성능을 분석하였고, 현행 기준에 대한 적합성을 판단하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다. (1) 국내의 기준에 따라 배관의 단열 두께를 적용하여 겨울(61 ℃ ~ 90 ℃)인 경우의 시뮬레이션 분석을 하였다. 시뮬레이션 분석을 위해 건물의 외기 온도를 측정하였고 최저 온도인 - 2.2 ℃를 적용하여 시뮬레이션 분석을 실행하였다. (2) KCS 기준의 경우 단열재의 표면온도는 45.7 ℃와 44.6 ℃로 나타나 KCS 기준은 현행 국내 기준인 표면온도 40 ℃를 만족하지 못하였다. (3) ASHRAE 기준의 경우 국내 기준과는 다르게 단열재의 표면온도가 38.7 ℃, 37.7 ℃로 나타나 현행 기준인 표면온도 40 ℃를 만족하였다. (4) 국내 KCS 기준에 따른 배관 단열재의 두께는 국내의 현행 기준인 주위 온도 20 ℃, 표면온도 40 ℃이하를 만족하지 못하였고, ASHRAE 기준에서는 현행 기준인 주위 온도 20 ℃, 표면온도 40 ℃를 만족하였다. 따라서, 기존 온도를 만족하기 위해서는 국내 단열 두께의 기준 변경이 필요하다고 사료된다. 본 연구에서는 지하 공간의 실험 온도를 이용하여 온수 배관만을 시뮬레이션 분석한 것으로 추후 연구에는 피트 공간 같은 경우와 더불어 다양한 조건에 대한 실험값을 이용하여 분석을 실시할 예정이다. 후기 본 연구는 국토교통기술혁신연구사업의 일환으로 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행되었음(과제번호 20CTAP1C1508302) References - 국토교통부, 2020, 제2차 녹색건축물 기본계획(2020~2024) - 환경부, 2018, 기후변화대응 기본계획 수립을 위한 건물에너지 수요관리 정책수단 연구, pp.40-53 - 한국에너지공단, 2018, 건물에너지효율조사 및 에너지절약 운영기반도, pp.20 - TIMSA, 2006, TIMSA guidance for achieving compliance with Part L of the Building Regulations - 최순원, 김용수, 윤원진, 정영국, (2017) 건물 냉난방수배관의 단열성능 향상을 위한 기준 연구, 한국건물에너지학회논문집, 13(4), pp.21-30.
--	--

9. 대한설비공학회 2021 동계학술발표대회 논문집 pp.116-119

대한설비공학회 2021 동계학술발표대회 논문집 pp.116 ~ 119 21-W-033 공동주택 외기 노출 배관의 단열 두께에 따른 열손실량 비교 Comparison of the Amount of Heat Loss according to the Insulation Thickness of the Outdoor Air exposed Pipe in an apartment house 유민상(Min Sang Yoo)¹⁾, 김성준(Seong Eun Kim)²⁾, 송홍주(Yong Woo Song)³⁾, 정용기(Yong Gi Jung)⁴⁾, 유재홍(Joo Yun Yoo)⁵⁾, 박진형(Jin Chol Park)⁶⁾ ¹⁾중앙대학교 건축원 건축학과, ²⁾신승길, ³⁾중앙대학교 대학원 건축공학과 박사과정, ⁴⁾중앙대학교 건축학부 교수, ⁵⁾Master Course, Architectural Engineering, Graduate School, Chung-Ang University, Seoul, 06974, Korea, ⁶⁾Ph.D Course, Architectural Engineering, Graduate School, Chung-Ang University, Seoul, 06974, Korea Abstract This study aimed to examine the need to improve the Korea Construction Technology Standard (KCS) by comparing the heat loss of pipes exposed to outdoor air in winter by applying the pipe insulation thickness of the KCS and the International Energy Conservation Standard (IECC). In winter, outdoor air-exposed pipes cause more heat loss than pipes installed indoors, but the current KCS do not have separate regulations depending on the location of pipes. The IECC suggest additional regulations according to the location of the pipe, which is expected to cause less heat loss than that of outdoor installed in Korea. The comparison showed that KCS had a lower heat loss than IECC under general conditions, but KCS generated a higher heat loss in case of R-6, and R-12 of IECC, which are conditions when outdoor air was installed. Therefore, it was confirmed that additional regulations were needed for pipes exposed to external air in KCS. Key words Pipe Insulation Thickness(배관 단열 두께), Heat Loss(열손실), Apartment House(공동주택) † Corresponding author, E-mail: jianguk@cau.ac.kr 기호설명 Q : 열손실량 [W] k : 단열재의 열전도율 [W/m·K] T_i : 배관 표면온도 [°C] T_a : 외기 온도 [°C] r : 배관 내부 반경 [mm] r_i : 배관 외부 반경 [mm] L : 유체가 이동하는 파이프 길이[m] k : 열전달계수(W/m²·K), 공기(자연대류)는 5~25 1. 서론 2015년 파리에서 기후변화에 대응하기 위한 협정이 채택되며 따라 각 당사국들은 2020년까지 "2050 장기저탄소 발전전략(LEDS, Long-term greenhouse gas Emission Development Strategy)을 수립하였으며, 우리나라의 경우 2030년까지 2017년의 온실가스 배출량 대비 24% 감축할 것을 목표하였다. 이에 온실가스 중 배출량의 7%를 차지하는 건물 부문에서 에너지사용량을 의무화할 통해 건물 에너지 효율을 개선하여 노력하고 있다¹⁾.	Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering Vol. 28 No. 11(2016) pp.002-277 ISSN 1229-6423(Print), 2465-7611(Online) http://dx.doi.org/10.6110/KJACR.2016.286.002 4. 결 론 본 연구에서는 국내의 배관 단열 기준 정보 및 개선 필요성을 검토하기 위해 국내 건축공사 표준시방서 표준공사 기준(KCS 31 20 05)과 미국 IECC 기준을 적용할 공동주택 지하주차장에 위치한 외기 노출 배관에 적용하여 각각의 열손실량을 비교하였다. KCS 기준의 경우 유체 온도 50도 일 때 배관 위치에 상관없이 40 mm를 적용하지만, IECC 경우 일반적(Normal) 기준은 38.1 mm, 실내화 온도 차이가 8℃ 이상인 공간에 배관이 위치한 경우는 Climate Zone에 따라 R-6 기준 42.4 mm, R-12 기준 84.4mm를 적용해야 한다. 이에 따른 국내의 기준 적용 시 열손실량 산출량 비교 결과는 다음과 같다. (1) KCS 기준 적용 시 열손실량은 1505.6 W로, IECC Normal 기준 적용 시 1553.8 W보다 3% 낮아 에너지 손실량이 더 적은 것으로 나타났다. (2) 외기 노출 배관의 경우 적용되는 IECC R-6 기준과 R-12 기준 적용 시 열손실량은 각각 1449.9 W, 937.4 W로, KCS 기준보다 약 4%, 58% 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 본 연구의 열손실량 분석 결과, 국내 KCS 기준은 미국의 IECC 같은 배관 위치에 따른 추가적인 규정이 없는 상황이다. 이로 인해 겨울철 외기에 노출되어 설치되는 배관과 같은 경우 추가적인 열손실이 발생하는 상황이다. 따라서 국내 표준 공사 기준도, 배관 설치 위치에 따른 단열 두께 기준을 별도로 제정할 필요가 있으며, 이를 위해 추가적인 연구가 진행되어야 할 것이다. 후기 본 연구는 국토교통부기술지원사업의 일환으로 국토교통부국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행한 연구 과제임이다(과제번호 : 21CTAP-C132139-03). References 1. 환경부, 저속가능한 녹색도시 실현을 위한 대한민국 2050 탄소중립 전략, 2020 2. 국토교통부, 표준시방서(KCS 31 20 05 : 2021), 2021 3. 유민상, 김성준, 송홍주, 정용기, 유재홍, 박진형, 공동주택 겨울철 외기 노출 배관의 표면온도측정을 통한 열손실량, 대한설비공학회 학술발표대회논문집, 2021 4. ICC, 2021, IECC, CHAPTER 4 (CE) COMMERCIAL ENERGY EFFICIENCY 5. 기상청, 기상청 기후정보포털 기후통계분석, https://data.kma.go.kr/climate/average30Years/selectAverage30YearsKoreaList.do?pgmNo=188, 2021
--	---

[증빙-3] 소프트웨어 등록

제 C-2020-033611 호



저작권 등록증

- | | |
|-----------------|--|
| 1. 저작물의 제호(명칭) | 건축물 기계설비 배관단열 두께 검토 프로그램 (Building Pipe Insulation Thickness Checking Program) |
| 2. 저작물의 종류 | 컴퓨터프로그램저작물>응용프로그램>산업용 S/W |
| 3. 저작자 성명(법인명) | 재단법인 대한기계설비산업연구원
서울특별시 강남구 학동로 |
| 4. 생년월일(법인등록번호) | 110122-0111418 |
| 5. 창작연월일 | 2020년07월14일 |
| 6. 공표연월일 | - |
| 7. 등록연월일 | 2020년09월29일 |
| 8. 등록사항 | 저작자 : 재단법인 대한기계설비산업연구원,
창작 : 2020.07.14 |

「저작권법」 제53조에 따라 위와 같이 등록되었음을 증명합니다.

2020년 10월 05일

한국저작권위원회



[증빙-4] 특허 출원

1. 출원번호 10-2021-0102645

관인생략	
출원번호통지서	
출원일자	2021.08.04
특기사항	심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(YP210123)
출원번호	10-2021-0102645 (접수번호 1-1-2021-0900929-73) (DAS접근코드F372)
출원인명칭	재단법인 대한기계설비산업연구원(1-2016-019382-1)
대리인성명	전용준(9-2005-000374-2)
발명자성명	류형규 윤희원
발명의명칭	건축물의 배관의 단열 설계 방법
특허청장	
<< 안내 >>	
1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 이용하여 특허로 홈페이지(www.patent.go.kr)에서 확인하실 수 있습니다. 2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 은행 또는 우체국에 납부하여야 합니다. ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호 3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [특허고객번호 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다. 4. 기타 심사 절차(제도)에 관한 사항은 특허청 홈페이지를 참고하시거나 특허고객상담센터(☎ 1544-8080)에 문의하여 주시기 바랍니다. ※ 심사제도 안내 : http://www.kipo.go.kr-지식재산제도	

2. 출원번호 특허-2021-0114409

발급번호 : 5-5-2021-059904800



출원사실증명원 CERTIFICATE OF APPLICATION

출원인 Applicant	성명 Name	주식회사 구성이엔드씨 GU-SUNG ENGINEERING & CONSTRUCTION CO., LTD.	주민번호 Residence No	110111-1*****
	주소	서울특별시 강북구 도봉로 261, 수유프라자 503 (수유동)	전화번호	02-402-9550
발명자 Inventor	성명 Name	성순경 SUNG, Sun Kyung	주민번호 Residence No	530301-1*****
	주소	경기도 성남시 분당구 방아로46번길 14-10, 2동 401호	전화번호	
대리인 Agent	성명	특허법인 강인	대리인 번호	9-2015-100141-4
	주소	서울특별시 강남구 논현로76길 16, 501호(역삼동)		
출원번호 Application Number		특허-2021-0114409 PATENT-2021-0114409	출원일자 Filing Date	2021년 08월 30일 AUG 30, 2021
발명(고안)의 명칭, 디자인을 표현할 물품, 상품(서비스업)류 구분 Title of Invention, Product(s) Embodied in Design, or Classification of Mark		배관 보온재 내 수증기의 길이 방향 전달 차단을 위한 베이퍼 댐 Vapor Dam for Confining Longitudinal Vapor Delivery of Pipe Insulations		
용도		확인용	IPC 분류	F16L 59/147
최종처분상태			최종처분일	
심사청구유무		Y	심사청구일자	2021년 08월 30일
위 사실을 증명함. This is to certify that the above applicant has filed as stated in this certificate at the Korean Intellectual Property Office 2021년 11월 15일 특 허 청 COMMISSIONER 				

◆ 본 증명서는 인터넷으로 발급되었으며, 특허청 홈페이지(www.kipo.go.kr)의 '특허로-증명서 발급' 메뉴를 통해 발급번호 또는 문서해단의 바코드로 내용의 위·변조 여부를 확인해 주십시오. 단, 발급번호를 통한 확인은 90일까지 가능합니다.



[증빙-5] 정책제안

[정책제안보고서]



제로에너지건축물 및 배관의 단열향상을 위한 정책제안보고서

2021. 12.

 **충남대학교
산학협력단**

[증빙-6] 홍보

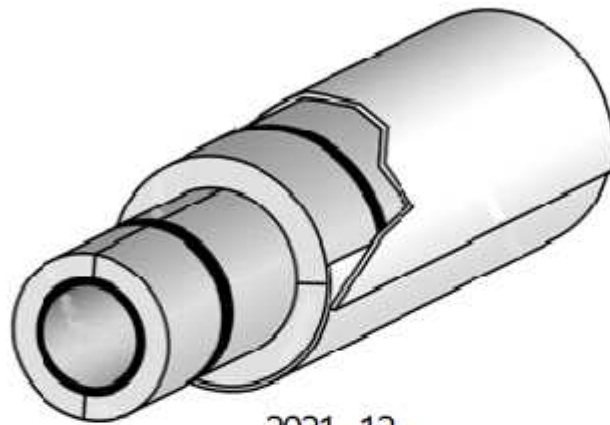
1. 설비저널 제49권 2020년 1월호 pp.34-45



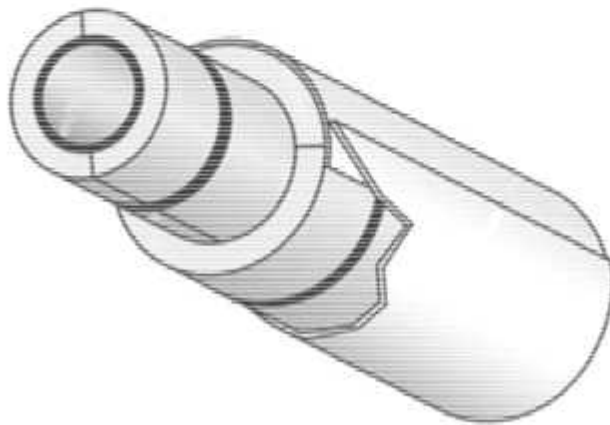
2. 프로그램 홈페이지 게시 및 언론 홍보



기계설비 배관단열 기준 매뉴얼



2021. 12



연구 참여기업 : 구성이엔드씨

목 차

1장 개요

- 1.1 범위
- 1.2 목적
- 1.3 용어정의

2장 단열재료와 성질

- 2.1 단열의 정의
- 2.2 단열재의 형태와 형상
- 2.3 단열재의 성질
- 2.4 주요 단열재료
- 2.5 외장재
- 2.6 외장재의 성질
- 2.7 부자재
- 2.8 단열재의 특성표

3장 단열 시스템 설계

- 3.1 일반사항
- 3.2 단열재 선정
- 3.3 일반건축물 시공
- 3.4 점검표 : 보온대상 기계설비시스템

4장. 단열두께 결정

- 4.1 일반사항
- 4.2 단열시스템의 열계산
- 4.2 단열두께 전산해석 방법
- 4.3 개선 시 단열두께
- 4.4 저온표면 결로방지

5장. 시방서 작성

- 5.1 개요
- 5.2 형식
- 5.3 시방서 작성 방법
- 5.4 작업범위 정의
- 5.5 설계도면과의 일치

- 5.6 타시방서와의 일치
- 5.7 단열대상 적정두께 범위
- 5.8 적합한 단열적용을 위한 적절한 정리
- 5.9 프로젝트 협력관리

6장 표준시방서 시공 기준

- 6.1 배관 보온
- 6.2 장비류 보온
- 6.3 시공 일반

7장 일반적인 적용방법과 실례

- 7.1 일반사항
- 7.2 배관
- 7.3 이음식, 밸브류
- 7.4 용기, 장비류

8장 유지관리

- 8.1 일반사항
- 8.2 배관 표식
- 8.3 기계설비 보수후 단열관리
- 8.4 유지관리 검사와 방법
- 8.5 기타

부 록

- 1. 배관 열손실 : 나관
- 2. 배관단열 표면적

1장 개요

1.1 적용범위

이 매뉴얼은 기계설비 공사의 배관단열공사와 관련된 내용으로 단열재의 선정, 설계, 시공, 유지관리에 대한 내용을 기술한다. 이 매뉴얼은 일반적, 보편적인 방법에 대하여 설명하는 것으로 현장 특성이나 환경 등을 고려하여 보완 또는 변경하여 적용한다. 또한 국가건설기준이나 법적 기준이 있는 경우 우선 적용하여야 한다.

1.2 목적

이 매뉴얼은 설계 단계에서부터 시공 단계, 유지관리 단계까지 배관 단열의 효과를 극대화하기 위함이다.

1.3 용어정의

- 마모 저항 : 마모됨 없이 침식을 견딜수 있는 재료의 성질
- 흡수성 : 재료의 구조를 따라 액체를 흡수하는 재료의 성질
- 훼손 방지 커버, 마감재 : 외력이나 개별적인 훼손으로부터 단열재를 보호하기 위하여 사용하는 자켓이나 매스틱 테이프
- 접착제 : 표면 접착으로 재료를 연결하는 방법으로 사용되는 물질
- 에어로 겔 : 겔로부터 추출된 합성, 다공성, 초경량 재질로 겔의 액체 구성요소가 기체로 채워진 것
- 주위온도 : 고려할 대상물체 주위 중간에서의 평균온도로 일반적으로 공기온도
- 굽힘 방지 코팅 : 양쪽이 서로 침식하는 것을 방지하기 위하여 단열재와 파이프가 접촉하는 곳에 적용되는 신축성 물질
- 결로 방지 : 결로를 방지하기 위하여 적용하는 것
- 적용온도 한계 : 재료의 온전성을 무너트리지 않고 마감, 접착, 기밀을 적용하기 위하여 항상 안전한 최저와 최대 온도 사이
- 밴드 : 사용장소에서 단열재나 자켓을 잡아주기 위하여 사용하는 것
- 하부 접착제 : 단열재 아래에 사용되는 플라스틱 재료로 완충, 벗겨짐 방지 그리고 접착제의 역할을 하는 것
- 접착강도 : 접착조합을 파괴하기 위하여 요구되는 인장, 압축, 전단, 분리에 대한 힘
- 통기코팅 : 단열재 안에 갇혀있는 수분에 공급되는 열로 인하여 적은 양의 수증기가 나갈 수 있도록 허용하는 것으로 단열시스템을 들어오는 비나 눈, 세척수 등의 물을 막도록 설계한 날씨대비 코팅

- 버트조인트 : 배관단열의 말단 연결부
- 초킹 : 내기후성 마감재 표면에 옅은 색이나 회색으로 나타나는 것
- 철망 : 보강을 위하여 사용되는 육각형 형태의 철망
- 모세관 : 구조 안으로 물을 확산시키는 셀룰로우스, 섬유질, 입자상 물질의 특성
- 피복 자켓 : 단열재 위에 씌우는 자켓
- 독립기포 단열재 : 각각이 분리되어 작은 개별의 입자로 구성된 것으로 재질은 유리, 탄성중합체, 폴리스틸렌같은 발포플라스틱 이다.
- 접착 접착제 : 접촉하는 면이 건조할 때 닿는 면이 순간적으로 스스로 달라붙는 접착제
- 방사율 : 표면에서 방출되는 복사율
- 신축 메탈라스 : 단열재료를 보강하기 위하여 사용되는 격자 형태의 재료로 여러 가지 크기와 두께를 가진 것
- 난연 성능 : 화재의 확산을 지연시키는 재료의 성질
- 방화 : 화염이나 연기, 가스 또는 수분의 확산에 대하여 효과적인 장벽을 형성할 수 있는 시스템을 만들어 내는 재료나 복합재료로 설치하거나 가구화하는 것
- 방염성능 : 물체의 표면에서 화염의 확산을 제한하는 재료의 성질
- 착화점 : 연소가 시작되는 온도
- 유리섬유포 : 마감 자켓으로 사용된 조밀하게 짜진 유리섬유
- 유리섬유직물 : 보강 막으로 사용되는 성글게 짜진 유리섬유
- 피복자켓 : 단열재 위에 설치하는 자켓
- 흡습성 : 공기로부터 수증기를 흡수하는 재료의 특성으로 특히 물리적 특성이 수증기 영향에 의하여 바뀌어지는 재료와 관계되는 것.
- 매스틱 : 보호 코팅은 일반적으로 석유화학제품이나 타 기반 제품으로 기후로부터 보호하고 단열재가 적용된 것에 효과가 저하되는 것을 방지하기 위하여 분무하거나 흙손으로 시공한다.

2장 단열재료와 성질

2.1 단열의 정의

단열은 다음의 기능들 중 하나 또는 그 이상의 기능을 수행함으로써 열에너지의 흐름을 지연시키는 재료나 재료의 조합으로 정의될 수 있다.

- (1) 열손실 또는 열취득을 줄임으로 에너지 보존
- (2) 사용자 보호와 쾌적함을 위해 표면 온도를 제어
- (3) 공정에서 온도제어를 용이하게 함
- (4) 차가운 표면에서 증기 유동이나 수분의 응축을 방지
- (5) 상업용이나 산업용 시설에서 냉난방, 환기, 위생, 증기, 공정, 동력시스템의 운전 효율을 향상
- (6) 불에 노출되거나 부식성 대기조건에서 장비의 훼손을 방지하거나 줄임
- (7) 식품, 화장품 공장에서 식품안전 기준을 충족시키는데 기계설비 시스템을 보조
- (8) 사용자 보호와 쾌적함을 위해 소음을 제어
- (9) 배관이나 장비의 동결방지를 도움
- (10) 분진이나 온실가스의 배출을 줄여 환경을 보호

“단열“이라는 용어는 모든 온도 범위에 적용될 수 있다. 이 매뉴얼은 816 ℃를 초과하여 운전되는 시스템에도 적용하기 위해 “내화성능“에 대하여도 정의한다. 내화시스템은 본 매뉴얼에서 다루지 않는다.

본 매뉴얼은 다음과 같은 일반적인 적용 범위에서의 단열에 대하여 다룬다.

- (1) 저온 단열(Low Temp. Thermal Insulation)
15.6℃ -0 ℃ : 냉수 Cold or chilled water
-0.6℃ - -39.4℃ : 냉동 브라인, 글리콜 Refrigeration, brine or glycol
- (2) 중온 단열(Intermediate Temp. Thermal Insulation)
16.1℃ -99.4℃ : 온수, 증기응축수
100℃ -315.6℃ : 증기, 고온수
- (3) 고온 단열(High Temp. Thermal Insulation)
316.1℃ -815.6℃ : 터빈, 연관, 연도, 배기장치, 소각로, 보일러

2.2 단열재의 형태와 형상

2.2.1 형태

- (1) 섬유상(Fibrous) 보온재 : 공기층을 미세하게 나누는 작은 지름의 섬유상으로 구성된 것. 아주 가느다란 유리면, 암면, 세라믹 화이버
- (2) 입자상(Cellular) 보온재 : 서로 분리된 작은 개별입자로 구성된 것으로 유리, 탄성중합체, 폴리스틸렌폼, 폴리올레핀 수지
- (3) 과립상(Granular) 보온재 : 빈 공간이나 간극을 가지고 있는 작은 과립 형태로 구성된 것. 칼슘실리케이트, 펄라이트, 셀룰로우스, 팽창폴리스틸렌
- (4) 열반사재 : 표면의 복사로 인한 열전달 효과를 저감시켜 단열효과를 내는 재료

2.2.2 형상

- (1) 딱딱한 판, 블록, 쉬트, 보온통 등 의 형상재
- (2) 플렉시블 쉬트나 형상을 만들 수 있는 것
- (3) 플렉시블 블랭킷
- (4) 시멘트
- (5) 폼
- (6) 해체하거나 재사용 가능한 블랭킷이나 패드

2.3 단열재의 성질

2.3.1 열적성질

단열재의 열적 특성은 사용온도 범위, 열전도율, 방사율, 열저항, 열관류율 등으로 나타낸다. 단열재의 열전도율은 온도와의 함수이다. 많은 시방서에서는 평균 24도에서 평가된 열전도율의 값을 요구한다. 대부분의 제조업체는 실제 사용조건에서의 가깝게 평가된 온도범위에서 열전도율을 제공하고 있다. 단열재의 열전도율 측정방법은 KS L 9016에서 정하고 있다.

(1) 온도에 의한 변화

일반적으로 단열재료의 열전도율은 온도상승과 함께 변하며 온도범위를 설정하면 충분한 정도로 다음과 같이 나타낸다

$$k = k_o + a\theta$$

k_o : 0℃에서의 열전도율

a : 계수

θ : 온도 [℃]

열적 정상상태에서는 단열재의 고온측과 저온측의 평균온도를 기준으로 적용할 수 있다. 그러나 넓은 온도범위인 경우 즉 온도차가 큰 경우에는 0℃를 넘는 영역

에서 대체로 열전도계수가 상승하므로 사용하는 열전도율의 값을 적용 시 유의하여야 한다.

(2) 밀도에 의한 변화

밀도의 증가에 따라 열전도율도 증대하는 것으로 생각된다. 이는 밀도의 증가가 다공질 재료로 된 단열재료의 공극율의 저하와 관계되고 열전달계수가 작은 기체가 배제된 고체전도가 증가하기 때문이다. 하지만 유리면 단열재와 같은 경우 어느 밀도 영역보다 낮으면 열전도율이 급격히 상승한다. 이는 단열재 내부를 복사가 투과하기 쉽게 됨으로 일어나는 현상으로 고온이 될수록 그 영향이 커진다. 또한 기체연속형 다공질재료에서는 재료 내부의 기체가 대류를 일으켜 열전달이 증가하고겉보기 열전도율이 큰 것 같은 결과를 낳는 수도 있다. 따라서 이와 같은 재료에서는 열전도율이 최저가 되는 밀도가 존재하게 되며 고온도로 갈수록 낮은 밀도의 경우 열전도율이 커짐을 알 수 있다.

이와 같은 재료의 경우 이론적으로 열전도율을 해석하는 것은 매우 어려움으로 실험적으로 구하는 것이 좋다.

(3) 공극 내 유체에 의한 변화

다공질 재료인 단열재료의 열전도계수는 공극내에 존재한 유체의 열전도계수에 크게 영향을 받는다. 자유기체의 열전도계수는 압력에 의해 거의 변화를 나타내지 않는다. 그것은 기체의 열전도계수가 기체분자의 평균자유행정과 밀도의 곱에 비례하기 때문이다. 감압하에서는 기체중에 놓인 단열재의 열전도계수는 높은 진공도가 아니더라도 양호한 단열성능이 얻어진다.

(4) 사용온도

사용온도는 우선적으로 고려하여야 할 사항이다. 최고사용온도는 사용시간보다 긴 시간동안 높은온도의 표면에 시편을 부착하고 노출하여 평가하며 재료의 성질에서 어떤 변화에 대하여 평가한다. 틀어지거나 갈라지거나 얇게 갈라지거나 불이 붙거나 녹거나 딱딱녹아내리는 흔적이 재료의 최고 사용온도를 초과하였을 때의 증거가 된다.

단열재의 최저 사용온도를 시험하는 승인된 시험방법은 없다. 하지만 최저온도는 일반적으로 저온에 노출된 후에 재료의 온전한 상태나 물리적 성질의 평가에 의하여 결정된다.

2.3.2 기계적 화학적 성질

열적 성질과 같이 고려해야 할 사항은 아래 사항 이외에 형상, 모세관현상, 화학반응, 화학적 저항성, 신장률, 수축률, 가연성, 압축강도, 밀도, 형상 안정성, 화재안전성, 흡습성, pH, 자외선 저항, 항균성, 수축성, 흡음계수, 차음계수, 독성, 투습

성 등이다.

수증기 투습성은 수증기압 차이에 따라 재료를 통한 수증기의 유동 특성이다. 단열재료에서는 일반적으로 $\text{ng}/(\text{s}\cdot\text{m}\cdot\text{Pa})$ 으로 나타낸다. 수증기 투과성에서 관련있고 가끔 혼란스러운 항이 $\text{ng}/(\text{s}\cdot\text{m}\cdot\text{Pa})$ 이지만 정해진 두께의 재료에서의 수증기투습량이다. 일반적으로 수증기 차단 성능을 결정하는데 이용된다.

2.4 주요 단열재료

(1) 규산칼슘

규산칼슘은 유기질이나 무기질 섬유재료로 보강하고 단단한 형태로 성형하여 사용하는 석회나 실리카로 만들어진 입자형 단열재이다. 사용온도 범위는 $27^{\circ}\text{C} \sim 650^{\circ}\text{C}$ 이다. 휨이나 압축강도는 좋다. 규산칼슘은 흡습성이 있다. 그러나 성능하락없이 건조된다. 재료는 비가연성이고 고온의 배관이나 표면에 일차용으로 사용된다.

(2) 암면

인공무기섬유의 일종으로 전기로에서 $1,500 \sim 1,600^{\circ}\text{C}$ 의 고열로 용융하여 노(爐) 하부의 노즐에서 흘러나온 것을 압축공기로 세계 붙어서 만든 섬유이다.

암석섬유라고도 한다. 안산암·현무암 등의 암석이나 니켈·망가니즈의 광재(鑛滓:슬래그) 등의 혼합물에 석회석을 섞은 것을 원료로 한다. 섬유의 길이 $10 \sim 100\text{mm}$, 굵기 $2 \sim 20\mu\text{m}$ 가 표준이다. 유연한 섬유포나 딱딱한 판재, 배관단열재 또는 성형재료로 사용할 수 있다. 사용온도 범위는 $-18^{\circ}\text{C} \sim 980^{\circ}\text{C}$ 이다. 암면단열재는 거의 중성상태이다. 이 제품은 비가연성이며 훌륭한 흡음재료이다.

성분상으로 보면 알칼리에는 강하나 강한 산에는 약하다. 무기질이므로 내화성(耐火性)이 우수하며, 열전도율은 작고 흡음률(吸音率)이 높으므로 보온재나 흡음재료로서의 용도가 넓고, 고온 보온재로서도 사용된다.

(3) 팽창필라이트

필라이트는 물과 혼합하여 규산질 화산암으로부터 만든다. 암석은 가열에 의하여 물이 수증기로 되면서 팽창되어 체적이 늘어난다. 이때 유리화되어 만들어진 것에 둘러싸인 아주 작은 공기의 세포상 구조를 형성한다. 결합제를 혼합하여 수분의 통과를 저지하고 무기질 섬유상태의 구조를 보강한다. 이 재료는 낮은 수축성이며 바탕면 오염성이 낮다.

필라이트는 비가연성이며 중고온 범위에서 사용된다. 제품은 성형제품이나 블록에 적합하다.

(4) 글라스 울

인조광물섬유 단열재인 글라스 울은 유리 또는 유리질을 주성분으로 하는 물질

을 용융하고 섬유화한 후 열경화성 유기결합제인 페놀수지를 이용하여 결합시킨 것으로 섬유의 굵기가 12 μ m이하 평균 7 μ m 정도의 것이다.

배판단열재나 여러 형태로 성형하기 위하여 판형이나 블록형태로 이용가능하다. 사용온도 범위는 -270℃~350℃이다. 좋은 구조적 강도와 낮은 충격저항이 낮다.

재료는 비가연성이며 비흡수성이고 화학반응에 강하다. 보온 단열성이 우수하고 내화성, 흡음성 등이 우수하다. 밀도는 24 K~120K 범위로 생산되며 밀도 48K일 때 평균온도 20℃ 기준일 때 열전도율 0.034 W/(m·K)이하이다. 단기흡수성은 ISO 29767에 따라 시험 1.0 kg/m³이하이며 장기흡수성은 ISO 16535에 따라 시험 3.0 kg/m³이하이다.

(5) 세라믹 울

규석, 규사 등 실리카 원료와 바이야 알루미늄나 전용알루미늄나 등의 알루미늄 원료를 배합한 후 전기로에서 2000℃ 이상의 고온으로 용융하고 이 용체를 연속적으로 유출시키면서 고속 가스유체 또는 원심력 등에 의해 섬유화한다 이것을 가공하여 각종 제품으로 만든다. 고온단열용으로 최고사용온도는 1300℃ 정도이다.

(6) 발포 폴리에틸렌 단열재

폴리에틸렌 수지를 발포제를 이용하여 독립기포 구조로 발포시킨 것으로 가교품과 무가교품이 있다. 가교품은 신장력, 탄성력, 가공성이 우수하나 재생이 불가능하며 최고사용온도가 120℃이고 단열성능이 무가교에 비하여 우수하다. 무가교품은 재생이 가능하나 최고사용온도가 70℃이하로 난연성이 없다.

열전도율은 섭씨 23도 기준에서 0.043 W/(m·K)이하이며, 흡수량은 0.01 g/100 cm² 이하이고 투습계수는 25 mm 당 10 ng/m²·s·Pa이하이다. 1종은 난연성이 없으며 2종은 연소성이 HF-1이다.

(7) 발포 폴리스틸렌 단열재

비드법에 의한 경우 비드 상태의 폴리스틸렌에 발포제 및 난연제를 첨가하여 증기 가열에 의해 예비발포 시켜 양생 및 건조 후 금형에 넣어 다시한번 증기 가열하여 융착 성형하여 각종 형상의 제품으로 만든다.

압출법에 의한 것은 폴리에틸렌 수지, 발포제, 난연제 등을 압출기에서 혼합 가열 용융하고 노즐로 대기중에 압출발포시켜 판 형태로 만들어 소정의 치수로 절단 가공한다.

최고사용온도 70℃이하(난연선없음) 또는 120℃이하(난연성 있음), 열전도율 23도 기준 0.043 W/(m·K) 이하, 흡수량 0.01 g/100 cm² 이하 2종 연소성 HF-1, 투습계수 25 mm 당 10 ng/m²·s·Pa이하, 연소성은 KS M ISO 9772에 따라 측정하여 등급을 정한다

(8) 고무발포 단열재

천연고무나 또는 합성고무 또는 이 두 가지 성분과 열가소성 수지 또는 열경화성 수지 가소제, 노화방지제, 발포증량제, 난연제 그리고 다양한 첨가제들을 성분으로 발포된 연질 독립기포 구조를 갖는 단열재료이다.

고무발포 단열재에 많이 쓰이는 합성고무는 니트릴 부타디엔의 공중합체인 NBR(Nitrile Butadiene Rubber)과 에틸렌 프로필렌 디엔의 3원 중합체인 EPDM(Ethylene Propylene Diene Monomer) 등이 있으며 NBR은 비교적 가공성이 우수하므로 수요자 요구에 부응하기 쉬운 장점과 내유성이 있고, EPDM은 가황속도는 늦으나 내열성이 좋다.

1종은 사용온도 $-184\sim 105^{\circ}\text{C}$, 열전도율 $0.035\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 이하이며, 2종은 사용온도 $-184\sim 150^{\circ}\text{C}$ 로서 열전도율 $0.040\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 이하이다. 수증기 투습계수는 1종이 $6\text{ ng}/\text{m}^2\cdot\text{s}\cdot\text{Pa}$ 이하, 2종은 $10\text{ ng}/\text{m}^2\cdot\text{s}\cdot\text{Pa}$ 이하이며 흡수량은 $1\text{ g}/100\text{ cm}^2$ 이하이다. 난연성으로 산소지수에 의한 연소거동의 측정에서 산소지수 LOI 28이상이다.

(9) 비변형성 파이버

비변형성 세라믹 섬유는 알루미늄과 실리카로 만든다. 재료는 고온 결합제 또는 결합제 없이 유연한 실 섬유 모포로 만들거나 단단한 판재로 만든다. 열충격 저항이 높다. 최고 사용온도는 1760°C 의 용점으로 1260°C 이다. 이 재료는 비가연성이며 용해성과 비용해성의 비변형성 섬유가 가능하다.

(10) 시멘트 보온재

불규칙한 면에 응용하기 위하여 부드러운 물질로 구성된 시멘트는 여러 가지 단열 섬유와 결합제의 혼합물로 물과 시멘트를 이용하여 단열과 마감용에 사용된다.

단열계수는 중간정도이며 고온표면에 적용될 수도 있다. 마감용 시멘트나 일회 코팅용 시멘트는 낮은 온도 범위에서 사용되며 다른 단열재에 적용한 마감재로서 이용된다. 접착특성이나 수축서에 대하여는 제조자에게 확인한다.

(11) 연질 에어로겔

연질 에어로겔 섬유포는 배관이나 장비에 맞추어 롤로 이용할수 있도록 섬유상 유기질이나 무기질 중간재로 혼합한 실리카 에어로겔로 이루어진다.

사용온도 범위는 $-182^{\circ}\text{C}\sim 650^{\circ}\text{C}$ 이다. 재료는 극저온인 주위온도 아래에 적용하기 위하여 증기억제제로 이용 가능하다.

2.5 외장재

단열의 효율성과 기능은 습기 유입과 기계적, 화학적 손상으로부터 직접적으로 영향을 받는다. 보호용 커버인 외장재의 선택은 기계적, 화학적, 열적 및 습한 상

태 조건과 비용 및 외관 요건에 기초한다.

외장재는 옥내용, 옥내용, 방습용 등의 용도에 따라 분류되며 금속박판이나 플라스틱 자켓, 필름 등의 형태가 많이 이용된다. 실내용과 방습용에는 도장재(매스틱)와 마감재(시멘트 형)도 이용된다.

앞서 언급한 외장재의 기능에 부합하기 위해 고려되어야 할 자켓 소재와 매스틱 소재의 특성은 내부 및 외부 움직임에 대한 내성이 필요하다. 이는 단열재의 열팽창 및 수축(즉, 고온 단열재의 수축)을 흡수하거나 보상해야 할 때 또는 시스템 진동을 고려해야 할 때 중요하다.

결로에 대한 문제를 해결하기 위하여 보온재료와 함께 외장재도 중요한 역할을 한다. 이는 증기 투과성에 대한 침투성을 고려함으로써 커버는 수증기가 절연체로 유입되는 것을 방지해야 한다. 하지만 국내에서는 이에 대한 고려를 하지 않는 실정이므로 개선이 필요하다.

또한 중요한 요소 중의 하나가 내연성능과 방사도에 대한 고려이다. 내연성능으로 불길의 확산, 연기발생률을 고려해야 한다. 단열재 표면을 통하여 주위로 열은 대류와 복사로 전달되므로 외장재의 방사율이 중요하나 국내에서는 이에 대한 기준이나 고려가 없는 실정이다.

2.5.1. 외장재의 구비조건

(1) 내기후성

내기후성의 기본 기능은 물, 얼음, 눈 또는 대기중 포함물질이 단열재로 유입되는 것을 방지하는 것이다. 또한 햇빛과 오존은 특정한 단열재를 손상시킬 수 있다. 적용방법은 금속이나 플라스틱 자켓을 입히거나 내기후성 매스틱을 입히는 것이 될 수 있다. 자켓팅은 물이 유입되지 않도록 충분히 겹쳐야 한다. 또한 보호 조치를 취하지 않는 한 자외선에 대한 저항성이 낮은 플라스틱 자켓 소재는 사용을 피해야 한다.

(2) 증기투과성

경질 자켓, 얇은 포일자켓, 매스틱, 플렉시블 막에 대한 증기투과성으로 투습 방지는 대기에서 단열재로의 수증기 통과를 지연시키도록 설계된다. 이음부의 적합한 밀봉은 시스템의 장기적 품질과 기능에 중요하다. 투습방지는 네 가지 형태를 갖는다.

대기온도 이하 또는 이중 온도 시스템에 대한 침투성을 고려해야 한다. 커버는 수증기가 절연체로 유입되는 것을 방지해야 한다.

a. 경질 자켓: 정확한 치수, 용도에 적합한 두께 그리고 증기차단을 위한 밀봉재로 만들어진 플라스틱

b. 적층호일자켓: 적층호일과 현장이나 공장에서 처리 또는 코팅된 제품이 보온

재료로 적용된다.(공장 밀봉 이후의 추가 밀봉은 온도/습도 조건에 따라 필요할 수 있다. 추가 보호 자켓 또한 필요할 수 있다.)

c. 매스틱 적용: 매끄러운 코팅을 가능하게하지만 건조하는 데 시간이 걸린다.

d. 플렉시블 멤브레인: 신축성 있는 자켓/피복제품은 유연제부터 탄성체막, 플라스틱 시트에 이르기까지 다양한 소재에 기반을 두고 있다. 플렉시블 멤브레인은 재료를 단일 또는 다층으로 결합한 것 일 수 있으며 주로 자체 부착 시스템이 있는 것으로 제공된다. 멤브레인은 현장이나 공장에서 단열재료에 적용된다. 온도변화에 따라 기계적, 화학적, 열적 및 수분 특성을 갖는다. 설치된 시스템에서 방화 성능 변화에 대한 고려가 있어야 한다.

(3) 견고성

견고한 재킷은 사람, 장비, 기계 등으로 부터의 기계적 손상을 가장 강력하게 보호한다. 보온재료의 압축강도는 기계적인 방지책을 위한 설계에서 고려되어야 한다.

(4) 대기부식방지

다양한 자켓 재료의 사용으로 단열재에 적용할 수 있다. 대기부식이 결정되어야 하고 호환성 재료를 선택되어야 한다. 자켓 재료에 손상을 주는 대기에서는 매스틱을 사용할 수 있다.

(5) 내화성

자켓이나 매스틱을 사용하여 단열 시스템에 적용할 수 있다. 내화성 재료는 화염 확산, 연기 발생 및 기여요소 연료에 의해 결정된다. 내화성 설계 시 전체 시스템을 고려해야 한다.

(6) 외관

노출 구역에서 외관 가치를 위해 다양한 코팅, 마감 시멘트, 피팅 커버와 자켓을 선택할 수 있다.

(7) 위생성

코팅과 자켓은 식품 공정 공간에서 곰팡이 또는 박테리아의 성장을 막을 수 있는 매끄러운 표면이어야 한다. 자켓은 증기 또는 고압수 및 화학적 세척 조건 등으로 인하여 높은 강도, 폭넓은 온도 범위 및 내화학성을 가져야 한다.

(8) 화학적 부합성

커버의 화학적 구성은 반드시 커버가 적용되는 단열재와 부합되어야 한다. 또한 산업 화학 물질, 소금, 공기, 자외선 또는 적외선과 같은 환경에 내성을 가지고

있어야만 한다.

(9) 내부 및 외부 움직임에 대한 내성

이 특성은 단열재의 열팽창 및 수축(즉, 고온 단열재의 수축)을 흡수하거나 보상해야 할 때 또는 시스템 진동을 고려해야 할 때 중요하다.

(10) 마감 또는 커버의 온도 범위

온도 범위는 절연 표면의 사용 온도와 호환되어야 한다.

(11) 내연소성

불길의 확산, 연기발생률을 고려해야 한다.

(12) 방사도

단열재의 표면 온도를 조절해야만 하는 경우에 고려해야 한다. 예: 응축 제어 또는 직원 보호.

2.5.2 외장재의 종류

외장재의 종류를 보면 금속판, 알루미늄 가공시트, 성형 PVC 커버 그리고 외장용 테이프로 크게 구분할 수 있다. 금속판에는 아연도철판이나 알루미늄판, 스테인리스강판 등이 이용되며, 알루미늄 가공시트는 알루미늄박에 그래프트지 및 유리섬유 보강 PE필름을 덧붙인 것을 사용한다. 성형 PVC커버는 엘보와 같은 부속의 형상대로 성형하여 시공할 수 있는 것이다.

외장용 테이프는 면포, 유리직물, 알루미늄유리직물, 방식용 폴리염화비닐테이프 일명 메직테이프, PE계열의 폴리마테이프를 사용한다. 보조재료로 아스팔트펠트, 원지 폴리에틸렌필름, 정형용 원지, 알루미늄박판점착테이프 등이 있으며 용도에 따라 선택하여 사용한다.

2.6 보조재

보조재는 방수, 방습, 정형, 부착, 보강, 결속, 접착 등의 기능 중 하나 또는 그 이상의 기능을 제공하는 재료를 말한다. 만약 이러한 보조재들을 부적절하게 설계하거나 적용하면 단열 시스템의 실패를 유발할 가능성이 높아진다.

(1) 단열재 및 재킷의 보호: 대부분의 단열재들은 구조적인 재료가 아니므로 지지, 보호, 고정 또는 접합되어야 한다. 보호재는 단열재 및 재킷 재료와 조화를 이루어야 한다. 선택할 수 있는 것은 다음과 같다.

- a. 스테드와 핀
- b. 스테이플, 톱니형 고정패스너, 리벳, 스쿠류.
- c. 클립

- d. 철선 또는 묶기띠
- e. 자가접착 랩.
- F. 테이프*
- g. 접착제*

*주위온도와 습도 조건이 어떤 설치조건에서 테이프나 접착제의 성능에 영향을 미칠 수 있다. 접착제를 선택하기 전에 온도 범위와 증기 투과성의 특성을 확인할 필요가 있다. 또한 가능한 곳에서는 기계적인 보호재를 사용한다.

(2) 시멘트와 매스틱 보강: 매스틱과 시멘트로 기계적인 강도를 보강하여야 한다. 보강용으로 사용되는 재료는 다음과 같다.

- a. 화이버 직물.
- b. 확장형 메탈라스
- c. 금속 메쉬
- d. 와이어 그물망

또한 부식을 방지하기 위해 재료의 호환성을 고려해야 한다.

(3) 비막이: 단열재와 구분하여 빗물 등의 흐름을 유도하는 재료는 금속, 플라스틱 또는 매스틱 등으로 시공할 수 있다.

(4) 보강: 고밀도의 단열재를 적용하기 전에 단열재 표면 위에 메탈라스와 철망을 적용할 수 있다.

(5) 서포트: 배관 서포트 및 부속품은 단열시공자가 부분적으로 또는 전체적으로 공급할 수 있다. 서포트 지점에서의 단열 처리는 7.2.4 그림을 참조한다. 서포트 지점에서의 부속품은 다음과 같다.

- a. 고밀도 단열 인서트
- b. 배관 지지대 안장 및 슈
- c. 단열재 보호를 위해 사용되는 단열재료와 금속차단재
- d. 시스템으로 통합하기 위하여 바깥 표면에 중심부를 단열하는 지지베어링을 사용하여 미리 단열된 배관 서포트

수직 배관 및 용기의 절연 지지 링은 규약된 배관 또는 용기의 현장 용접이 제조업체의 당초 규정을 무효화하므로 배관 또는 용기 도급업자가 공급해야 한다. 조치방법은 7.2.4를 참조한다.

(6) 밀봉 및 코킹: 증기차단장치 및 기후차단재킷, 조인트 및 돌출부에 사용될 수

있는 다양한 밀봉재, 코킹 및 테이프가 있다. 이 제품들은 광범위한 온도 및 증기 투과 특성으로 제조된다. 몇몇 제품은 단열재의 한 가지 유형 또는 제조업체의 제품과 함께 사용되도록 특별히 설계되기도 한다. 밀봉재로는 부틸폴리머, 스티렌-부타디옴 고무, 클로로프렌 고무 밀봉재 또는 실리콘 밀봉재 등으로 한다.

(7) 팽창/수축 보상: 팽창/수축 조인트 설계에 사용되는 부속품에는 다음이 포함된다.

단열 조치는 7.2.4를 참조한다

- a. 공장제작 접침이음 또는 슬립 조인트.
- b. 바탕 컴파운드, 플렉시블 밀봉재

2.7 일반적인 온도 범위 내의 단열재 및 적용

각 온도 범위 내에서 사용 가능한 재료의 선택은 기계설비의 설계 조건에 기초한다. 자세한 설계 정보는 3장을 참조한다.

1) 극저온도 범위 -45.5°C 이하

이 온도 범위는 천연 가스, 메탄, 산소, 질소 등과 같은 가스를 액화하여 운반과 사용을 용이하게 하는 프로세스와 접하는 조건들을 포함한다. 이 범위에서 재료 선택은 열적인 값과 안전을 위해 필요한 내부 냉각기 표면으로의 증기 흐름 저항성을 제공하는 증기 밀봉 시스템에서 사용할 수 있는 능력에 따라 정해진다. 극저온도 범위에 사용되는 재료는 다음과 같다.

- a. 셀룰러 글라스
- b. 탄성체
- c. flexible 에어로겔
- D. 페놀릭
- e. 폴리이소시아누레이트(경질우레탄폼 계열)
- F. 폴리스티렌

2) 저온 범위 $-49^{\circ}\text{F} \sim 60^{\circ}\text{F}(-45^{\circ}\text{C} \sim 16^{\circ}\text{C})$

저온 설비의 주요 설계 문제는 수분 침투와 작동 효율이다. 증기 억제제는 광범위하게 사용되지만, 실제로 완벽한 단열을 달성하는 것은 어렵다. 따뜻한 외부 표면에서 냉각기 내부 표면으로의 증기 흐름의 압력은 증기를 분산되게 만들 수 있으며, 밀봉되지 않은 접합부나 균열을 통해 증기가 유입된 다음 응축, 동결 및 손상을 일으킬 수 있다. 냉방 비용이 난방비보다 높기 때문에 더 많은 단열재가 당연히 필요하거나 요구되는 경우가 많다. 냉방 계통의 응용에서 경제적으로 정해진 정도 이상의 추가적인 단열 두께가 표면온도를 이슬점보다 높게 따뜻하게 유지시키기 위해 적용되기도 한다.

*저온범위는 적용범위에 따라 더욱 세분화된다. 연속증기억제시스템은 다음 구분에서의 무결점이 기본이다.

(1) 냉동 $-45^{\circ}\text{C} \sim 0^{\circ}\text{C}$: 증기 억제제를 통과하는 수증기는 응축될 뿐만 아니라 얼게 된다. 서리와 얼음이 쌓이면 절연 시스템이 파괴되고 단열층 하부 부식의 가능성이 증가한다.

(2) 냉수 $1^{\circ}\text{C} \sim 16^{\circ}\text{C}$: 수증기는 금속위에 응축되어 절연 시스템의 부식 및 고장을 일으키며 단열층 하부 부식의 가능성을 증가시킨다.

이러한 온도 범위에서 일반적으로 사용되는 단열재는 다음과 같다.

- a. 셀룰러 글라스
- b. 탄성체
- c. 유리섬유
- d. 미네랄 섬유
- e. 페놀릭
- f. 폴리오레핀
- g. 폴리이소시아누레이트
- h. 폴리우레탄
- i. 폴리스티렌.

3) 중온 $16^{\circ}\text{C} \sim 232^{\circ}\text{C}$

이 온도 범위는 대부분의 산업 공정과 상업용 설비에서 필요한 온수 및 증기 시스템을 포함한다. 이 범위의 재료 선택은 저온일 때보다 열적인 값에 더욱 큰 비중치를 둔다. 그러나 기계적 및 화학적 특성, 형태 용이성, 설치 시간 및 비용 등의 다른 요소도 중요하다. 중간 온도 범위에서 일반적으로 사용되는 재료는 다음과 같다.

- a. 규산칼슘
- b. 셀룰러 글라스
- c. 탄성중합체
- d. 팽창실리카 또는 펄라이트
- e. 유리 섬유
- f. 미네랄 섬유
- g. 페놀릭
- h. 폴리스티렌
- i. 폴리우레탄.
- j. 폴리이소시아누레이트
- k. 폴리오레핀

중간 온도로 나열된 모든 단열재들이 기재된 최대 사용 온도와 일치하는 것은 아니다.

4) 고온 범위 233° C ~ 816° C

단열재의 내화영역에 가까워짐에 따라 사용 가능한 재료와 적용방법이 줄어든다. 고온 재료는 다른 재료들 또는 유사한 재료들의 조합으로 특수 바인더를 사용하여 종종 제조한다. 자켓팅은 일반적으로 현장에서 적용된다. 산업용 동력 및 공정 배관과 장비, 보일러, 브리칭, 배기 및 소각장치가 이 온도 적용 범위에 포함된다. 일반적으로 사용되는 재료는 다음과 같다.

- a. 규산칼슘
- b. 셀룰러 글라스
- c. 시멘트
- d. 세라믹 섬유
- e. 유리 섬유
- f. 미네랄섬유
- g. 팽창실리카 또는 펄라이트

고온 범위로 나열된 모든 단열재들이 기재된 최대 사용온도와 일치하는 것은 아니다.

2.8 단열재의 특성표

표에서는 평균온도에서 시험자료, 형식, 온도범위, K값과 관련된 유용한 자료와 정보를 요약하여 제공한다. 실제적인 명세와 성능 등은 제조사에 따라 달라진다. 재료 성질상의 특별한 정보는 시방서에 포함하기 전에 제조사로부터 제공받아야 한다.

종류	구조개요	밀도 [kg/m ³]	최고사용온도	열전도계수[W/m•°C] (24°C 기준)
암면	암면섬유를 접착제로 접착하여 형상화	0.06~0.12	유기질바인더 400°C 무기질바인더 600°C	0.035
유리솜	유리섬유를 접착제로 접착하여 형상화	0.01~0.03	300°C	0.0345
규산칼슘	규조토와 석회로 수열합성하여 성형	0.2	650	0.065(93°C 기준)
폴리스틸렌폼	폴리스틸렌을 발포	0.02~0.03	74°C	0.043
폴리우레탄폼	이액합성하여 발포	0.03	110°C	0.026
고무발포	고무를 발포하여 경질화	0.09	104°C	0.0358

3장 단열 시스템 설계

3.1 일반사항

단열시스템은 특별한 설계 목적을 달성하기 위하여 사용되는 적용방법과 단열재, 마감재의 조합이다. 이것에는 다음과 같은 것들이 있다.

- (1) 에너지 절약
- (2) 운전비 절감
- (3) 응축 제어
- (4) 화학적 호환성
- (5) 외력이나 대기 손상에 의한 기계적 또는 단열 시스템의 보호
- (6) 개인보호
- (7) 화재안전성
- (8) 흡음제어
- (9) 배관이나 부속류 접근을 위한 장래요구사항
- (10) 작업공간이나 제한 틈새 적합성
- (11) 위생적 조건
- (12) 미세입자나 온실가스 방출 감소에 의한 환경보호

단열재료의 선택에는 여러 가지가 있지만 설치에 대하여 기본적으로 열적, 경제적 요구조건에 맞아야 하며, 작동하기 시작하는 각각의 추가적인 설계목적에 근접해야한다.

어떤 경우에는 바깥쪽 마감재나 부속품 그리고 시공방법의 선택이 실제 사용된 단열재료 보다 설계목적에 더 영향을 준다. 예를 들어 유리섬유단열재가 기계적 화학적으로 오염된 대기의 다른 형태를 막기 위하여 설계된 공장적용 자켓의 다양성으로 유용하다. 밸브, 플랜지 또는 이음쇠류의 현장설치 단열방법에 반하여 미리 제작된 것의 사용은 시스템 설계에서 결정적인 인자이다. 이 결정에 영향을 주는 설계 목적은 작업시간, 자재비용, 이음쇠류의 장래 유지관리 접근을 위한 대비 사항이다.

선택은 끝이 없고 각 단열 처리의 기본적인 기능의 견고한 확보와 확실히 작동하는 상태에서의 설계조건 만큼 단열재료 특성에 대한 작업 지식을 요구한다. 3장에서는 일반용과 산업용 설치의 일반적인 설계목적에 대한 기준을 제공한다.

3.2 배관단열재 선정

3.2.1 재료 선정

단열재는 아래와 같은 기능을 수행하므로 목적을 달성할 수 있는 보온재료를 선정하여야 한다. 또한 사용온도범위에 적합한 재료를 선정하여야 한다.

- (1) 열손실 또는 열취득을 줄임으로 에너지 보존
- (2) 사용자 보호와 쾌적함을 위해 표면 온도를 제어
- (3) 공정에서 온도제어를 용이하게 함
- (4) 차가운 표면에서 증기 유동이나 수분의 응축을 방지
- (5) 상업용이나 산업용 시설에서 냉난방, 환기, 위생, 증기, 공정, 동력시스템의 운전 율을 향상
- (6) 사용위치와 용도를 고려하여 보온재의 화재안전 성능시험, 내화시험, 연소 성능시험 및 가스 유해성시험 기준에 적합한 재질을 선택하여야 한다.
- (7) 식품, 화장품 공장에서 식품안전처 기준을 충족시키는데 기계설비 시스템을 보조
- (8) 사용자 보호와 쾌적함을 위해 소음을 제어
- (9) 배관이나 장비의 동결방지를 도움
- (10) 분진이나 온실가스의 배출을 줄여 환경을 보호

3.2.2 사용온도에 따른 재료

온도범위에 따른 사용가능한 재료는 극저온도 범위 -45.5°C 이하는 천연 가스, 메탄, 산소, 질소 등과 같은 가스를 액화하여 운반과 사용을 용이하게 하는 프로세스와 마주치는 조건들을 포함한다. 이 범위의 재료 선택은 열값과 안전을 위해 필요한 내부 냉각기 표면으로의 증기 흐름 저항성을 제공하는 증기 밀봉 시스템에서 사용할 수 있는 능력에 따라 정해진다. 극저온도 범위에 사용되는 재료는 셀룰러 글라스, 탄성체, 탄성 에어로겔, 페놀릭, 폴리소시아나이트, 폴리스티렌 등이다.

저온 범위 $-45^{\circ}\text{C} \sim 16^{\circ}\text{C}$ 인 저온 설비의 주요 설계 문제는 수분 침투와 작동 효율이다. 따뜻한 외부 표면에서 내부 표면으로의 증기 흐름의 압력은 증기를 분산되게 만들 수 있으며, 밀봉되지 않은 접합부나 균열을 통해 증기가 유입된 다음 응축, 동결 및 손상을 일으킬 수 있다. 냉방 비용이 난방비보다 높기 때문에 더 많은 단열재가 정당화되거나 요구되는 경우가 많다. 냉방 라인 용도에 대해 경제적으로 추천되는 정도 이상의 추가적인 단열 두께가 따뜻한 표면 온도를 이슬점 위로 유지시키기 위해 사용되기도 한다. 냉수 $1^{\circ}\text{C} \sim 16^{\circ}\text{C}$ 에서 수증기는 금속위에 응축되어 단열재의 흡수율을 상승시켜 단열성능을 떨어뜨린다. 이러한 온도 범위에서 일반적으로 사용되는 단열재는 셀룰러 글라스, 탄성체, 유리섬유, 미네랄 섬유, 페놀릭, 폴리오레핀, 폴리소시아나이트류, 폴

리우레탄, 폴리스티렌 등이다.

중간 온도 범위 $16^{\circ}\text{C} \sim 232^{\circ}\text{C}$ 에서는 대부분의 산업 공정과 상업적 설비에 서 필요한 온수 및 증기 시스템을 포함한다. 이 범위의 재료 선택은 저온일 때 보다 열적 성질에 대한 가중치를 둔다. 그러나 기계적 및 화학적 특성, 형태 가용성, 설치 시간 및 비용 등의 다른 요소도 중요하다. 중간 온도 범위에서 일반적으로 사용되는 재료는 규산칼슘, 셀룰러 글라스, 탄성중합체, 팽창 실리카나 펄라이트, 유리 섬유, 미네랄 섬유, 페놀릭, 폴리스티렌, 폴리우레탄, 폴리소시아나트륨, 폴리오레핀 등이다.

고온 범위 $233^{\circ}\text{C} \sim 816^{\circ}\text{C}$ 는 단열재의 내화범위에 가까워짐에 따라 사용 가능한 재료와 적용방법이 줄어든다. 고온 재료는 종종 특수 바인더를 사용하여 제조된 다른 재료 또는 유사한 재료들의 조합이다. 자켓팅은 일반적으로 현장에서 적용된다. 산업용 전력 및 공정 배관 및 장비, 보일러, 브리칭, 배기 및 소각장치가 이 온도 적용 범위에 포함된다. 일반적으로 사용되는 재료는 규산칼슘, 셀룰러 글라스, 시멘트, 세라믹 섬유, 유리 섬유, 미네랄섬유, 팽창 실리카나 펄라이트 등으로 고온 범위로 나열된 모든 단열재들이 최대 사용 온도와 일치하는 것은 아니다.

3.3 일반건축물 시공

학교, 쇼핑센터, 창고, 병원, 호텔, 공공건물과 같은 일반 건축물에서의 단열은 우선적으로 에너지 절약을 고려하며 응축현상을 방지하고 화재로부터 보호를 위하여 설계되어야 한다. 통상적인 시설물에서 기계설비의 종류에 따른 단열시공은 일반적으로 현장별로 조금씩 다르며, 상대적으로 좁은 온도범위를 포함한다. 일반적인 기계설비는 아래와 같다.

- (1) 위생설비
- (2) 덕트와 덮개
- (3) 증기, 응축수
- (4) 외기 인입
- (5) 우수배수
- (6) 난방용 온수
- (7) 냉수
- (8) 엔진배기
- (9) 주방배기덕트
- (10) 냉매흡입

일반적인 단열시스템 설계에 있어서 적용 목적을 이루기 위하여 두께, 재료 그리고 마감재를 정하는데 주의를 하여야 한다. 일반건축물은 인간의 편안함이 나 재료의 저장성을 제공하기 위하여 설계되어야 한다. 이 목적을 이루기 위하

여 일반적으로 난방/ 환기/ 냉방 그리고 위생설비의 설계가 적합하여야 한다. 단열설계의 목적은 이러한 시스템의 성능을 높여주고 에너지 소비를 줄여주며 응축현상으로부터 손상을 방지하고 소음제어와 화재방지를 꾀하는 것이다.

3.3.1 설계목표

단열시스템 설계자는 이 목표를 달성하기 위하여 설계된 장비의 형식, 수량, 설치 목적을 이해 하여야 한다. 증기난방인 시스템의 경우에 있어서 적절한 단열계획이 열원 시스템의 요구 용량을 감소할 수 있다.

과일이나 야채 또는 냉동육저장시설의 경우 온도유지와 응축제어 목표는 경제적 두께 설계를 대신할 수 있다. 노출공간이나 음식을 준비하는 곳 또는 저장하는 장소에서 외관과 위생 지수가 마감재 선택에 영향을 줄 수 있다.

덕트, 냉동기, 옥상우수배수, 냉수관에서의 응축제어는 일반건축물에서 단열의 기본적인 기능이다. 여기서 설계목적은 요구하는 증기억제기밀을 달성하는 재료와 응용방법을 선택하고 응축을 예방하기 위하여 필요한 단열두께를 계산하는 것이다.

개별적인 보호나 가연성 재료에 대한 온도를 낮추기 위하여 선택된 단열은 일어날 수 있는 화재위험에 기여하지 않고 고온을 견디어 낼수 있어야한다. 450℃에서 680℃에 다다른 엔진 배기가스는 사람이나 가연성 재료에 노출된 표면온도를 60℃ 이내로 낮출수 있도록 충분히 단열하여야 한다. 축적된 가연성 그리스에 노출된 주방 배기덕트는 화재예방 설계범주 안에 있어야 한다.

3.3.2 재료

일반용이나 산업용 시공에 있어서 널리 사용되는 단열재료는 아래와 같다.

- (1) 규산칼슘
- (2) 압면
- (3) 유리면
- (4) 팽창실리카 또는 펄라이트
- (5) 연질폼
- (6) 경질폼
- (7) 비변형성 파이버
- (8) 단열시멘트
- (9) 에로로겔

기후의 다양성이나 증기 억제 자켓 그리고 메스틱은 화재안정성, 외관과 시스템 오용의 보호와 같은 설계목적에 부합하도록 단열재를 보강하기 위하여 적합하다.

3.3.3 적용방법

7장은 일반 건축물에서 단열재료, 마감재, 보호재의 설치에 대한 일반적인 적용방법의 실례를 보여준다.

설치 시 과도한 저항력, 주위온도와 습도조건 등이 규정된 보호 형태와 수량이 달라질 수 있는 변수들 이다.

기계설비는 단열 시공을 하기 전에 완전히 기밀이 되어야 하고 시험을 마쳐야 한다.

3.3.4 시방서

일반건물에서의 단열은 단열을 해야 하는 기계설비 시스템의 몇가지 변수를 가지고 대개 제한적인 재료와 적용법에 따른 선택사항을 포함하기 때문에 적합한 설치나 입찰에 대하여 가끔 부적절한 일반 시방서를 준비하는 경향이 있다.

예를 들어 냉동기나 냉동기의 모든 저온 표면은 단열되어야 한다라고 되어 있는 어떤 시방서는 냉동기가 공장에서 단열되거나 단열되지 않은 것으로 특별히 설계되었다면 몇 가지 방법으로 설명될 수 있다.

모든 재료들, 두께, 마감재, 보호재, 설계목적이 단열시공자에게 주의깊게 제공되어야 한다.

3.4 점검표

다음 목록은 보온대상 기계설비 시스템의 편리성과 안내를 위하여 준비되었다. 일반적인 기계설비 시스템의 각 개별적인 구성요소에 적용해야 할 취급사항을 구체화하기 위하여 상기하는 것으로 사용될 수 있다.

(1) HVAC와 냉수시스템 구성 요소

- a. 고속덕트
- b. 저속덕트
- c. 회기
- d. 외기, 연소공기, 혼합공기
- e. 플레넵과 하우징
- f. 변풍량과 터미널 유닛, 혼합상자
- g. 디퓨저와 플렉시블덕트 연결
- h. 배기(댐퍼에서 외부루버까지)

(2) 배관, 이음쇠, 밸브 등

- a. 냉수공급/환수
- b. 냉매 라인

- c. 온수공급/환수
- d. 냉각탑
- e. 응축수배수
- f. 태양열 온수배관

(3) 장비

- a. 냉동기
- b. 컨벡터/열교환기
- c. 냉온수순환펌프
- d. 팽창탱크
- e. 기수분리기
- f. 태양열온수저장탱크

(4) 증기, 응축수 설비 구성 요소

1. 배관, 이음쇠, 밸브 등

- a. 증기
- b. 응축수(트랩에서 응축수탱크까지)
- c. 응축수 펌프배관(응축수저장탱크에서 보일러나 보급수 가열장치까지)
- d. 보일러 보급수
- e. 냉수 보충수

2. 장비

- a. 보일러
- b. 발전기
- c. 컴벡터/열교환기
- d. 펌프
- e. 고정쇠/ 연도
- f. 증발탱크
- g. 응축수저장탱크, 공기분리기, 보급수탱크

(5) 급수급탕시스템 구성요소

1. 배관, 이음쇠, 밸브 등

- a. 급수
- b. 급탕
- c. 급탕순환
- d. 연수
- e. 오배수, 통기
- f. 결로, 소음제어, 결점에 대한 보호나 화재방지

2. 장비

- a. 급탕발생기
- b. 급탕저장탱크
- c. 연수기
- d. 급수저장탱크
- e. 열회수저장탱크

(6) 프로세스시스템 구성요소

1. 배관, 이음쇠, 밸브 등

- a. 액화가스
- b. 화학배관
- c. 정제
- d. 식품처리

2. 장비

- a. 펌프
- b. 탱크류
- c. 압력용기

(7) 기타

- 1. 우수배관 또는 우수배수용기
- 2. 주방배기
- 3. 비상발전기 배기

4장. 단열두께 결정

4.1 일반사항

배관, 용기 또는 덕트에 대한 단열 적용은 시공과정에서 필요한 조건으로 인식되고 있다. 요구되는 단열의 두께와 범위는 항상 기술적이지 않거나 경제적인 입력 조건 없이 임의적이거나 부정확한 결정을 따라 하고 있는 경우도 있다.

현대적인 건설현장에서 합당하지 않는 재료가 단열재로서 시설물의 생애를 통하여 돈을 벌어주는 것으로 건축주에게 제공되고 있다. 하지만 단열의 경제성 검토를 계산하는 것이 너무 어렵기 때문에 단열성능의 경제성을 해결한 컴퓨터 프로그램이 개발되었다.

북미 단열재료 제조업체에 의하여 3E PLUS라는 단열재 두께 계산 프로그램이 개발되어 미 에너지부에 의하여 배포되고 있으며, 국내에서도 설비연구원에 의하여 KRIMFI PIE 1.0이 개발되어 대한설비공학회를 통하여 단열두께 계산 공식 프로그램으로 소개될 예정이다.

이 프로그램은 무료이고 학회 홈페이지를 통하여 다운받을 수 있도록 할 예정이다.

참고로 단열두께 프로그램에서는 아래와 같은 내용을 결정할 수 있다.

- 일반적인 단열두께에서의 열 손실과 취득량 결정
- 신체 보호를 위하여 단열의 표면온도 결정
- 응축제어를 위한 필요 단열두께 결정
- 일반적인 단열두께에 대한 경제적 회수비용과 환경적인 이득의 결정

프로그램을 정확성을 보증하기 위해서는 단열재 제조업체로부터 최근의 자료를 제시받아 프로그램에 다운로드하여야 한다.

단열에 대한 투자는 시설물의 생애동안 제시되는 인력과 장비를 보호한다. 적합한 단열은 화재피해구역에서 과열과 응축, 화학적 오염을 방지한다. 아울러 적합한 단열에 의하여 호텔, 사무실건물, 학교 또는 공장에서 사람들에게 쾌적함을 제공하고 개개인의 생산성과 시설의 가치에 상당히 도움을 준다. 열추적 배관에서 공정의 온도는 적합한 단열로 좀 더 효율적으로 유지된다. 효율적인 단열시스템으로 설계될 때 열생산 장치의 크기는 줄어들 수 있다.

그러나 대부분 단열에 대한 투자로 부수적으로 돌아오는 것은 전 기간에 걸친 에너지 절약이다. 이 절약은 산업플랜트와 시설이 전 미국 에너지 소비의 절반 정도로 나타난 사실로 연결되고 에너지 비용이 올라가므로 산업의 단열 분야에서 더욱 더 강조되고 있다.

최근에 신축이나 개축 또는 이전하는 산업이나 상업 시설의 환경적 영향이 새롭게 중요성을 갖게 되었다. 열단열은 환경오염을 줄이고 에너지를 절약하기 위하여 사용되는 가장 중요한 기술의 하나이다.

게다가 열손실을 최소화할 뿐 아니라 단열은 공정의 효율성을 올리고 유지관리자의 안전성, 쾌적성 그리고 생산성을 돕는다.

4.2 단열시스템의 열계산

배관의 단열 조건을 계산하기 위하여 프로그램을 이용하면 편리하다. 프로그램을 통하여 배관 단열 두께에 따른 열에너지 절약 비용과 적합한 표면온도 조건에 따른 단열두께를 계산할 수 있다. 이때 배관 내에 흐르는 유체의 온도 조건, 관의 종류, 주위 온도조건, 주위 기류조건, 마감재의 복사계수, 사용단열재의 종류와 열적특성, 단열재의 시공비용 등을 고려하여 경제성을 평가할 수 있다.

4.2.1 단열시공 두께

단열시공의 대상과 시공재료가 결정된 경우 그 시공 두께를 결정하는데는 표면온도, 열손실 및 경제성이 고려되어야 한다.

(1) 표면온도를 제한하는 경우 시공두께

$$r_2 \ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{k}{\alpha} \frac{(T_1 - T_s)}{(T_s - T_r)}$$

여기서 k : 단열재의 열전도율 [W/m•K]

α : 외표면 열전달률 [W/m²•K]

r_1 : 단열재 내부 반지름(배관내부반지름) [m]

r_2 : 단열재 외부 반지름 [m]

T_1 : 배관내 유체 온도 [K]

T_s : 단열재외표면온도 [K]

T_r : 주위온도 [K]

보냉시공의 경우에는 표면온도가 노점온도 이하가 되지 않도록 두께를 결정하여야 한다.

(2) 열손실을 규제하는 경우의 시공두께

$$d = r_1 \left[\exp \left(\frac{2\pi k (T_1 - T_2)}{\dot{Q}} \right) - 1 \right] - \frac{k}{\alpha}$$

여기서 $\dot{Q}$: 단위길이당 열손실

(3) 경제적 시공 두께

단열두께의 경제성을 고려하는 경우에는 단열시공비용과 감가상가비용에 대하여 단열조건에 따라 절약되는 열에너지 비용이 같아지도록 두께를 정한다.

4.2.2 온도강하

열수송관의 출구온도는 온도강하를 고려하여야 한다. 대기중에 놓인 길이 L m인 보온된 수송관으로 T_i °C인 온수를 공급하는 경우 출구수온 T_o °C는 아래와 같으므로 열공급 장치에서의 입구 필요온도가 되도록 단열을 고려하여야 한다.

$$T_o = T_r + (T_i - T_r)e^{-L/C^{min}R}$$

C : 온수의 비열 [kJ/kg•°C]

$\dot{m}$: 유량 [kg/h]

R : 단열시공된 배관의 열저항 [m•K/W]

T_r : 주위온도 [°C]

4.3 단열두께 전산해석 방법

필요할 때 컴퓨터가 질문에 답하거나 문제를 푸는 것은 컴퓨터 과학이라고 하고 있다. 제공되는 기술의 목적은 단열두께 계산 프로그램을 할 수 있는 사용법에 대하여 시스템 설계자나 건축주를 교육하기 위한 것으로 그가 사용할 전문용어와 변수에 대하여 소개한다.

4.3.1 단열두께의 원리

단열두께의 이론은 경제적 원리와 사실에 기반을 둔다.

1. 에너지 비용의 증가
2. 수확체감의 법칙
3. 할인현금흐름 또는 원금회수기간

에너지 비용이 증가하면 단열 투자에 대한 회수가 증가하는 것이 확실하다. 사실 단열을 하지 않는 것 보다 단열하는 것이 비용이 적게 든다. 증기 프로세스와 열 장치의 경우, 불충분한 단열상태에서 시스템에서 필요한 추가적인 증기 용량에 대한 장비를 준비하는 데 필요한 자본 투자와 단열비용을 추가하여 단열에 필요한 투자에 대한 차이는 상당한 자산투자 절약이 나타난다. 여기에서 단열이 비용을 줄일수 있다는 것이 이슈는 아니다. 이슈가 얼마인가이다.

단열두께 프로그램은 수확체감의 법칙에 기초한다. 왜냐하면 단열재료가 열을 완전히 차단할 수 있는 것은 없기 때문에 단열재의 두께가 증가할수록 단열재 하부를 통하여 빠져나가는 열의 비율을 줄일 수 있다. 그러므로 단열재의 두께가 15 mm 증가할 때마다 일어나는 절약비용에 의하여 상쇄된다.

감소되는 현금유동성 또는 내려가는 회수비용의 원리는 건축주가 자신의 특별한

재정 기준에 따른 항목을 요구하는 것이 허용된다.

기대항목 비용 만큼 회수기간은 건축주에 의하여 지시를 받게 된다.

4.3.2 해석 방법 과 항목

단열두께 프로그램을 제대로 이용하는 것은 건축주가 그의 재정적인 면과 투자의 필요성이 무엇인지를 알고 요청한다. 그리고 그의 운용에 가장 적합한 항목을 선택할 수 있다.

(1) 해석적인 방법

단열에 대한 에너지, 환경 그리고 단열두께를 고려하는 단열두께 프로그램은 열손실로 인한 연간 최소 비용 그리고 감소하는 현금 유동성을 사용한 주관적인 해석을 이용한다. 이 해석은 연간비용, 감가상각비용, 절세 감소분의 합을 다룬다.

이것은 연간 세후 지출비용을 말한다. 이 지출비용의 현재 가치는 시설물과 단열의 금전적 비용에 그것을 더하기 전에 확인된다.

(2) 생애기간

1. 단열공사 수명 - 초기단열투자에 대한 기간은 연간으로 계산된다. 그것은 재료의 수명, 프로젝트 감가상각기간, 또는 희망 회수기간일 수 있다. 연료비용은 중간수명 개념의 결과로서 이 기간 동안의 평균되어진다.

2. 설비의 수명 - 최초 시설비용은 에너지에 대한 자본비용으로 지정되어 사용된 것으로 연간으로 계산된다.

(3) 기대항목의 비용

1. 연료비용 상승요인 - 그 값은 가끔 연료비 상승의 예상 비율보다 유동적이다. 그러나 연료공급이 장기간 계약이나 에너지 원으로 지어진 플랜트라면 그 가격 상승은 최소한이 될 것이다.

2. 연간기대비용 - 최초 설비 비용의 실제 금융 비용은 설비의 생애동안 연간으로 계산한다.

3. 수익율(기회비용) - 단열의 지속적인 증가량으로 이루어지는 희망 수익률은 단열두께에 따라 더해진다. 요구수익율이 높아질수록 단열두께가 점점 더 얇아진다.

4.3.3 단열두께 기본선도

아래 그림을 참조한다. 수지축은 연간비용이다. 수평축은 단열두께이다. 단열두께가 0에서부터 증가하면 단열재를 통한 열손실의 비용은 감소한다. 이 비용은 두께가 두꺼운 쪽에서는 수평선에 접근하는 경향이 있음을 주기한다. 단열두께가 증가함에 따라 단열비용은 선 “A”와 같이 증가한다. 어떤 단열두께 조건에서 연간 총비용은 선 “C”와 같이 단열비용과 열손실 비용의 합이다. 선 “C”는 어느 단열두께에서 연간 총비용의 최소값을 지난다. 앞의 단열두께보다 더 적은 두께에서는

열손실 비용이 더 큰 값을 갖기 때문에 연간 총비용은 더 높아진다. 앞의 단열두께보다 더 두꺼운 두께에서는 단열 비용이 더 큰 값을 갖기 때문에 연간 총비용은 더 높아진다.

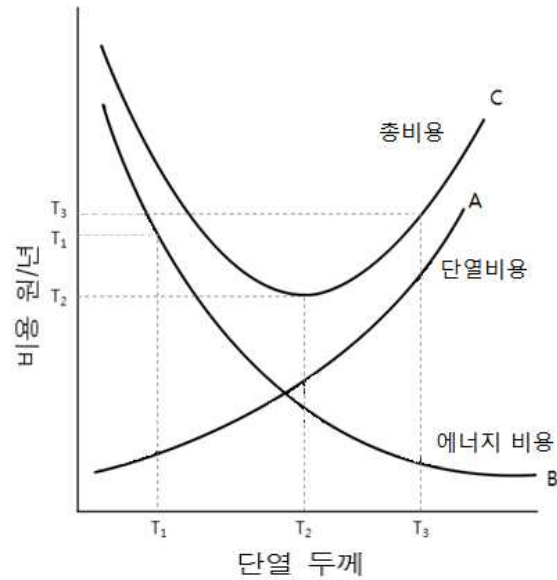


Fig. 4.1 단열두께와 에너지비용 선도

4.3.4 컴퓨터 비용 변수에 대한 정보 점검표

유용한 매뉴얼, 표, 또는 컴퓨터 프로그램을 사용하기 위하여는 손실에너지 비용과 단열비용의 두 변수가 반드시 확인되어야 한다. 다음의 데이터는 일반적으로 조사자에 의하여 준비된다.

1) 손실 에너지 비용

이 변수는 에너지 전달율과 에너지 비용 그리고 건물의 연간 운전시간의 조합으로 구해진다.

(1) 에너지 전달율을 구하기 위한 조건

- ① 표면과 주위온도
- ② 선택한 단열재의 열전도율
- ③ 고려할 최대 최소 단열두께
- ④ 표면방사율
- ⑤ 수직, 수평 등의 표면 방향과 풍속 고려

(2) 구입하거나 생산한 에너지 비용의 계산을 위한 조건

- ① 연료나 동력 비용, 연료인상율

- ② 장비비용
- ③ 운전 유지관리 지출비용
- ④ 열원설비의 변환효율
- ⑤ 열원설비의 기대 예상 사용연수 또는 세제관련 감가상가 기간
- ⑥ 설비에 의하여 생산되는 유용한 열의 평균 총량 KWH
- ⑦ 이익에 대한 설비소유자에 지급되는 법인세율
- ⑧ 자금사용에 대한 이자율이나 일반적인 할인율

2) 건축주 단열비용

이 변수는 설비수명에 걸친 연간 총비용으로 단위당 단열의 설치비용을 계산하여 구하며 연간유지비용으로 보정한다. 단위 설치비용은 재료비와 인건비의 조합이다.

건축주 단열비용은 단열두께프로그램의 경제적 비중에서 민감한 변수이다. 영역 평균의 가장 개략적인 것은 유용하다. 결과적으로 단열시공에서 사용한 고정예산 금액으로 이 전적을 인식하지 않도록 주의해야한다.

- (1) 자재 가격은 단열재, 보온커버, 보호재, 마감재와 사용된 구조용 서포트 재료의 비용과 물량에 관련된다. 또한 이 그림에는 건축주에 대한 저장, 운송, 취급 비용이 포함된 것이다.
- (2) 노무비는 국부적으로 변화하는 것으로 임금, 복리후생비, 일당, 교통비, 이윤과 간접비 등이 포함된다.
- (3) 노무자 생산성은 배관크기, 복잡성, 필요한 겹침수, 배관과 표면의 접근성, 사용자재의 종류, 일반적인 작업조건에 따라 변한다.
- (4) 기타 비용은 일의 크기에 관계되고 일의 규모에 따라 증가한다. 그것들은 발판 준비, 청소, 해체 비용, 검사비용, 일반이윤을 포함한다.

4.4 개량 시 단열두께

개량은 아래 사항 중 한가지로 정의된다.

- (1) 기존 단열 위에 새로운 단열을 적용
- (2) 기존 자켓이나 피복제를 제거하고 새 단열재를 적용
- (3) 기존설비에서 비단열면에 대한 단열적용

개량작업의 컴퓨터프로그램은 기존 단열위에 새로운 단열을 적용하는 경우에 대한 것이다.

기존 단열은 원래 설치된 단열과 동일하지는 않더라도 현재의 일일 성능에 대하여 재평가되어야 한다. 확실하게 하기 위하여 치수는 새 자재로호환되는 것을 확실하게 하도록 주의하여야 한다. 기존 자켓이나 커버는 제거하고 계속적인 관리에 적합하여야 한다.

개량 시 두께를 계산할 때 사용하는 방법이나 필요정보에 대한 차이는 아래와 같다.

- (1) 손실에너지 비용의 항목
- (2) 단열비용
- (3) 사용자재

계산 결과는 기존 단열두께, 추천 최대 단열두께, 기존 두께에 대한 연평균 절약 열량, 현재 값에서의 절약 열량을 제시할 것이다.

4.5 저온표면 결로방지 프로그램

상은 이하에 대한 단열은 에너지, 경제성 그리고 결로방지에 대하여 평가하여야 한다.

프로그램은 결로방지를 위하여 필요한 두께를 계산한다.

4.5.1 결로 자료

저온표면의 온도가 공기의 노점온도 이하일 때 결로가 일어나기 때문에 자료는 아래 사항을 포함하여 프로그램에 들어가 있어야 한다.

1. 저온표면 주위 공기의 상대습도
2. 외표면의 방사율
3. 주위공기 온도
4. 풍속

프로그램은 노점온도를 결정하고 단열형태의 자료로부터 저온표면에서 흐르는 열량의 총합을 계산한다.

4.5.2 에너지 손실비용 자료

필요한 추가자료는 아래와 같다.

1. 연료 종류
2. 첫째 가격
3. 연도별 연료단가 상승률
4. 보충수 비용의 상승률
5. 연간 운전 시간

4.5.3 경제성 자료

1. 투자에 대한 상환이자율
2. 유효한 환수세율
3. 설비의 감가상각기간
4. 새 단열의 감가상가 기간
5. 증대장비에 대한 투자율

6. 연간 단열유지를 위한 추가비용의 비율
7. 수방식 응축기 상수
8. 성능계수
9. 설계 습구온도
10. 설계 상대습도
11. 대기온도
12. 외부자켓 방사율
13. 풍속
14. 기존표면의 방사율
15. 원금회수 계산 관련 두께
16. 단열재료

컴퓨터 결과는 일반적인 단열두께와 CO₂ 감소량, CO₂ 에 대한 매년 m당 절약금액, 결로제어를 위하여 필요한 경우 결로방지 두께를 나타낸다.

5장 시방서 작성

5.1 서론

단열공사를 위한 특별시방서의 구성과 작성 형식의 기준은 국가 표준시방서 기준에 따라 작성하는 것이 일반적이다. 공사 계약 문서의 전반적인 구성 원리에 대한 이해는 도면을 포함하여 모든 계약서류안에 분쟁 요건을 만들지 않고 시방서 부분을 간결하고 명확하게 작성하는 것이다.

이 시방서의 작성 기준은 대부분의 기술자가 사용하는 적용기술과 표준시방서에 담겨있는 개념에 대한 개요이다.

단열공사는 복잡한 건축공사의 한 부분이거나 기계설비공사의 단열만이 포함된 단순한 계약으로 위와 같은 원리가 적용된다.

모든 경우에 있어서 계약은 계약 당사자를 명확하게 하고 그들의 의무와 책임 그리고 관계에 대하여 정의한다. 이 계약 규정은 각종 표준 문서의 일부이거나 작업지시로 작성된 단순한 규정일수도 있다.

일반조건에는 시방서 항목의 조항들에 포함되어 계약을 수행하는 동안 따라야 할 절차와 계약 이행을 위한 일반적인 행정적 요구사항이 있다. 표준시방서의 일반 사항은 계약 규정과 결합할 수 있고 계약건축주와 계약자 사이에서 앞의 관계 속에서 성립되었을 때는 제외할 수도 있다. 이 계약조건과 일반조건에 따라 도면과 시방서는 공사 계약문서의 완전한 세트를 구성한다. 도면은 수량적 요구조건을 설명하고 형상, 위치, 연결 그리고 일반적인 시공상 순서를 알려준다. 시방서는 재료와 시공성에 대한 질적 요구조건을 설정한다.

시방서는 장과 절과 항목으로 구성한다. 각 항목은 항으로 좀 더 세분화 할 수 있다. 예를 들어 기계설비공사 단열은 각 항목을 한 개 이상의 항으로 한다. 이 구성 개념은 쉬운 검색을 위하여 특별한 정보를 위치하도록 돕는다.

표준 흐름으로 구성된 공사계약문서의 세트에서 각 문서는 특정의 독특한 기능으로 채운다.

각 문서는 다른 문서의 기능을 침해하지 않고 세밀하게 수행한다. 이 원리는 문서 전반에 걸쳐 요구사항을 대립하게하는 피하며 중복이나 제외에 대한 가능성을 줄인다.

이 개념으로 구성된 공사계약문서는 모든 공사 또는 공사의 일부분과 연관하여 모든 계약적 요구사항을 이해하기 위하여 그리고 완전한 의미를 알기 위하여 같이 쓰여져야 한다. 그러므로 덕트, 장비 또는 배관단열에 대한 시방서 항은 단열공사에 적용하기 위한 모든 요구사항을 알도록 도면과 시방서에 합의사항과 조건에 대하여 쓰여져야 한다. 단열공사 계약자는 주계약자, 하청업체 또는 재하청업

체일수도 있다.

- 계약문서 : 계약을 성립하기 위한 문서 전체. 계약문서는
- 합의사항 : 공사, 건축주, 설계자, 시공기술자 그리고 공사계약자를 구분하는 문서. 다른 부분에서는 프로젝트에 대한 설명과 계약기간, 공사금액, 지불방법 등을 포함한다.
- 하청 합의사항 : 계약자나 하청업체 또는 재하청업체 사이에서 일어나는 것으로 이 합의사항은 계약자로서 지켜야 할 사항을 하청업체나 재하청업체도 동일하게 지켜야 한다.
- 계약조건 : 일반조건은 어떠한 프로젝트에도 언제나 적용하는 표준 문서이다. 부가적인 것이나 특별한 조건은 프로젝트를 특별하게 하기 위하여 일반조건을 수정한다.
- 일반조건 : 공사에 모두 적용되는 시방서의 첫 항은 행정적인 것과 절차적 요구사항을 포함한다. 시방서의 첫 항은 시방서의 나머지 전체를 통하여 반복적으로 요구되는 사항을 없애기 위하여 필요하다. 그래서 단일시방서 관련 절과 일반조건 절을 함께 보아야 한다.

모든 계약문서들은 그 공사에 적용되는 요구사항을 포함하고 있기 때문에 그것을 알고 이해하기 위하여 단일공사 계약자에게는 중요하다. 많은 계약 규정들이 이미 합의 사항, 계약조건 그리고 일반사항 절 속에 있기 때문에 기술적항에서는 빠져있을 수 있다.

5.2 형식

국가건설기준센터 표준시방서 “KCS 31 20 05 보온공사”를 참조한다.
표준시방서의 내용 순서는 일반사항, 자재 그리고 시공부분으로 구성되어 있다.
이 표준시방서의 세부 목차와 내용은 아래와 같다.

1. 일반사항 1
 - 1.1 적용범위
 - 1.2 참고기준
2. 자재
 - 2.1 보온재료
 - 2.2 보온두께의 공통사항
 - 2.3 기기의 보온두께
 - 2.4 덕트의 보온두께
 - 2.5 배관의 보온두께
 - 2.6 발열선

3. 시공

3.1 공통사항

3.2 기기의 보온시공

3.3 덕트의 보온시공

3.4 배관의 보온시공

3.5 시험 및 검사

5.3. 명시 방법

성과물을 설명하기 위하여 시방서 요구사항을 작성에는 몇 가지 방법이 있다. 대부분의 시방서는 서술문, 관련 기준, 성능 그리고 소유자의 요구사항을 조합하여 구성한다.

서술문에서는 설치하기 위한 제품, 재료, 장비 그리고 인력에 대한 상세한 요구조건을 설명하여 작성한다. 관련기준은 길게 설명하는 것을 줄이기 위한 방법으로 공인된 기준을 인용하여 사용한다. 성능은 최종 결과를 달성하기 위한 방법보다는 최종 결과를 명문화한다. 소유자의 요구사항은 소유자가 제공하는 것을 준비하여 사용한다. 이 방법은 간단하면서 짧게 작성한다. 서술적인 방법으로서 시방화된 제품의 성능에 대한 부담으로 이 방법은 가끔 제한되기도 한다.

5.4 작업범위 규정

시방서의 기능은 제품과 재료 그리고 기능도의 질에 대하여 규정하는 것이다. 계약 조건이나 계약하는 기능은 계약 수행에 대하여 이행할 것을 정하는 것이다. 그러므로 시방서 조항에서는 작업 범위 항을 포함하지 않아야 한다. 이 문구는 건축주와 계약자 그리고 주계약자와 하도급 계약자 사이에서 계약 형식에 속하는 것이다. 시방서에서 범위 구절을 포함하는 것은 계약조건으로 범위에 대하여 막는 것 없이 기술적 조건에 초점을 맞추기 위한 시방서 항으로서 허용하는 것이다.

5.5 시방서 작성 형식

일반적으로 짧고 간결한 문장이 읽고 이해하기 쉽다. 시방서는 두 계약 당사자 사이 특히 건축주가 계약자에 대한 의사소통으로 쓰여진 계약조건이다. 이 문서에서 의사소통은 건축주로부터 계약자로 일방향성의 것이다. 시방서에 있는 문장들은 건축주로부터 계약자에게 제시하는 것을 가정하여 작성될 수 있다. 문장은 단순하고 선언적인 문구이어야 한다. 왜냐하면 “기계공사 계약자는...한다”라는 것과 같이 작업을 지정하는 문구를 없애거나 “계약자는.... 한다.”라는 구절을 삭제할 수 있다. 문장의 형식은 수동태이거나 능동태일 수 있다. 능동태인 것은 문장의 주제가 결정을 하는 경우이고 주제가 결정을 받아야하는 경우에는 수동태

가 된다.

수동태는 좀 더 많은 단어로 구성되고 덜 지시적이다. 능동태는 적은 단어로 구성되고 좀 더 직설적이다. 능동태가 많은 경우 선호되지만 항상 적합한 것은 아니다.

잘 작성된 시방서는 정확한 의미의 용어를 사용하고 은어적인 것과 애매한 용어는 피하는 것이다.

5.6 설계도면과 일치

도면은 보온이 필요한 장비와 수도 같은 서비스로 구분한 단열계획을 제외하고는 보통 기계분야 단열이라는 명제 위에 소리없이 표현된다. 이 단열계획은 도면 위에 표기되는 대신 시방서 안에 포함될 수 있다. 설계자는 보온되어야 할 장비나 시스템의 내부온도, 단열이 된 장비나 시스템이 설치된 주위온도, 단열시스템이 이겨내야 할 물리적 가해조건을 고려해야 한다.

추가적으로 단열시스템의 최우선 목적과 아울러 제이 제삼의 목적이 결정되어야 한다. 배관재료의 규격은 단열시스템을 설계하기 전에 결정되어야 한다. 이 모든 변수들은 적합한 단열재료와 두께, 요구 마감재를 결정하기 위하여 알아야 한다. 시스템 구성 요소의 주기적인 유지관리가 단열시스템의 어느 부분에 대하여 정기적인 제거나 교체가 요구되는 경우 설계 고려사항으로 포함되어야 한다. 이 사항은 유지관리 요구조건을 모두가 알수 있도록 도면 위에 명기하여야 한다.

5.7 타 시방서와의 일치

단열이 필요한 장비나 시스템에 대하여 규정하는 특기시방서 부분은 단열시공 부분에 대하여 주의깊게 일치하여야 한다.

이 일치는 적용을 위하여 선택된 단열재료로 단열되어야 하는 표면의 호환성을 포함한다. 또한 단열대상 장비나 시스템에 대한 시공조건에 적합한 단열 적용을 위한 합당한 요구조건을 명시하여야 한다.

5.8 적합한 단열 적용을 위한 적절한 정리

단열시스템은 동결방지, 응축제어, 화재안전, 소음제어, 에너지 효율 등 확실한 목적을 갖도록 설계된다. 각 단열 시스템은 여러 가지 목적을 추구할 수 있다. 적절한 정리가 허락되지 않는다면 단열시스템의 두께나 다른 시스템 구성 요소가 절충되어야 하고 단열시스템의 설계 목적을 이루지 못하게 된다. 부적절한 정리는 배관이나 덕트 들 사이가 너무 밀착되거나 구조체나 건물 형상물 또는 기계 설비 구성물에 너무 가까운 경우가 일어날 수 있다. 배관이나 덕트 시스템은 시공 도면에서 스케일로 그려지지 않는 경우가 종종 있다. 기계설비 단열의 적합한 시공을 보증하기 위하여 적절한 정리가 단열이 필요한 장비나 시스템에 계획되어야 한다.

5.9 프로젝트 협력 관리

5.9.1 원계약 협의

잘 작성된 시방서와 적절한 예비입찰 회의는 상업용이나 산업용 단열 공사 과정에서 보통 일어나는 대부분의 문제를 없앨 수 있다.

상업용이나 산업용 공사의 품질관리를 위하여 일반적으로 건축주, 설계자, 기술자 기계 또는 다른 주요 계약자 그리고 단열공사계약자의 대리인을 포함하고 있다.

모두는 기술적인 제출서류에서부터 최종 검사와 승인을 통하여 작업의 일정과 협조사항에 협력하여야 한다. 단열 시공자의 책임은 단열 대상에 대한 적합한 작업 일정과 품질에 대한 협조에 달려있다.

5.9.2 예비 단열 검사

추가 비용이나 설계된 단열 시스템의 실패를 피하기 위하여 단열재를 설치하기 이전에 기계설비의 전 과정에 대한 검사가 수행되어야 한다. 검사는 아래 사항을 포함하여야 한다.

1) 프로젝트 준비

시설이 방수되고 시스템은 시험이 완료되고 퇴수가 이루어져야 한다.

2) 표면

모든 장치와 배관의 표면은 깨끗하고 건조되어야 하며 이물질이 없어야 한다.

3) 행거/서포트

모든 행거와 서포트는 정격 크기이어야 하며 시방서에 따라 적합하게 위치하여야 한다. 저온용 배관의 모든 서포트, 앵커, 가이드 또는 행거는 응축제어 단열 처리와 시스템상의 신축을 위하여 충분한 공간이 확보되어야 하며 장애물이 없어야 한다.

4) 여유

적용 단열 두께와 시공에 필요한 작업 공간이 구비되어야 한다.

5) 열감지

증기나 전기적인 감지장치는 시방서대로 미리 설치되어야 하며 시험이 완료되고 승인을 받아야 한다.

6) 검사와 승인

단열 공사를 하기 전에 필요 시 건축 담당자와 기계설비 담당자 승인이 완료되어야 하고 검증되어야 한다.

5.9.3 계약자 책임

계약자는 계약상의 작업 품질에 대한 책임은 아래와 같다.

- 1) 계약조건 아래에서 지정된 작업의 범위나 형식에 적합하게 하는 것.
- 2) 승인된 재료 규격에 맞는 품질의 재료를 구매하거나 필요시 이 제품에 대한 제작자 승인서를 받는 것
- 3) 현장에서 재료의 파손을 방지하고 환경적으로 오염이 되는 것을 방지하기 위하여 재료에 대한 수급일정과 현장 도착, 검사, 보관과 취급하는 것
- 4) 구성품의 직접 관리아래 프로젝트의 작업에서 경험있는 숙련공을 선정하기 위하여 현장대리인을 정하는 것

5.9.4 최종 검사와 해제

최종 검사는 시공이 완료되었다고 생각되거나 또는 그 후에 바로 모든 당사자가 포함되어 수행되어야 한다. 하자 보증기간이 합의되고 준공처리가 결정되어야 한다. 타인에 의한 시공의 훼손을 방지하기 위한 책임소재가 건축주에게 넘어가야 한다. 공사 마감에 완전히 받아들여져야 한다.

6장 표준시방서 시공 기준

6.1 배관 보온

6.1.1 결로방지 및 보온의 시공

- (1) 미네랄울 및 유리면의 급수관 및 배수관 등의 결로 방지 및 급탕관, 온수관, 기름 및 증기관의 보온 시공 순서는 다음 표 6.4-1에 따른다. 다른 재료의 보온 시공 순서는 해당 재료의 공사 시방서를 따른다.

표 6.1-1 급수관 등의 보온 시공 순서

시공 종별	사용 구분	재료 및 시공 순서	비고
a	옥내 노출 배관	1) ALGC 부착 미네랄울, 유리면 보온재 2) 베이퍼배리어 점착테이프 3) 외장재 4) 밴드	① 다른 보온재는 공사시방서에 따른다. ② 외장재 및 밴드는 공사시방서에 따른다.
b	천장내, 파이프 샤프트 등의 옥내 은폐 배관	1) ALGC 부착 미네랄울, 유리면 보온재 2) 베이퍼배리어 점착테이프	① 다른 보온재는 공사시방서에 따른다. ② 외장재 및 밴드는 공사시방서에 따른다.
c	지하층, 지하피트 내 배관(트렌치, 피트 내를 포함)	1) ALGC 부착 미네랄울, 유리면 보온재 2) 베이퍼배리어 점착테이프 3) 외장재 4) 밴드	① 다른 보온재는 공사시방서에 따른다. ② 외장재 및 밴드는 공사시방서에 따른다.
d	옥외 노출 및 욕실, 주방 등의 다습한 장소의 배관	1) ALGC 부착 미네랄울, 유리면 보온재 2) 베이퍼배리어 점착테이프외장재 및 밴드 3) 밀봉재	① 다른 보온재는 공사시방서에 따른다. ② 외장재 및 밴드는 공사시방서에 따른다.

주 1) 급탕관 등을 부득이 지중 매설하는 경우에는 시공종별 c에 아스팔트 펠트를 추가 한다.

2) ALGC는 보온재에 별도 부착할 수 있다.

6.1.2 냉수관, 냉온수관 및 냉매 배관의 보온 시공

- (1) 미네랄울, 유리면, 고무발포 및 발포 폴리에틸렌의 냉수관, 냉온수관 및 냉매관의 보온 시공 순서는 다음 표 6.4-2에 따른다. 다른 재료의 보온 시공 순서는 해당 재료의 특기 시방서를 따른다.

표 6.1-2 냉수관 등의 보온 시공 순서

시공 종별	사용 구분	재료 및 시공 순서	비고
e	옥내 노출 배관	1) ALK 또는 ALGC 부착 미네랄울, 유리면 보온재 2) 베이퍼배리어 접착테이프 3) 외장재 4) 밴드	① 보온 마감순서는 공사시방서에 따른다. ② 외장재는 공사시방서에 따른다.
f	옥내 노출 배관	1) 발포 폴리에틸렌 보온재, 고무발포 보온재 2) 접착제 및 부착재 3) 외장재 4) 밴드	① 외장재는 공사시방서에 따르되 정형이 유지되는 보온재 또는 외장재의 경우 4)를 제외할 수 있다. ② 보온재의 길이 방향 및 가로 방향 이음 부위는 접착제 이음 후 부착재를 사용하여 틈새가 발생하지 않도록 시공하여 결로를 방지한다.
g	천장 내, 파이프 샤프트 등의 옥내 은폐배관	1) ALK 또는 ALGC 부착 미네랄울, 유리면 보온재 2) 베이퍼배리어 접착테이프	① 보온 마감순서는 공사시방서에 따른다. ② 외장재는 공사시방서에 따른다.
h		1) 발포 폴리에틸렌 보온재, 고무발포 보온재 2) 접착제 및 부착재 3) 외장재 4) 밀봉재	① 외장재는 공사시방서에 따르되 정형이 유지되는 보온재 또는 외장재의 경우 4)를 제외할 수 있다. ② 보온재의 길이 방향 및 가로 방향 이음 부위는 접착제 이음 후 부착재를 사용하여 틈새가 발생하지 않도록 시공하여 결로를 방지한다.
i	옥외 노출 배관	1) ALK 또는 ALGC 부착 미네랄울, 유리면보온재 2) 베이퍼배리어 접착테이프 3) 알루미늄, 함석, 갈라 함석, 합성수지재 또는 스테인리스스틸 가공 판재 등 4) 밀봉재	① 보온 마감순서는 공사시방서에 따른다. ② 외장재는 공사시방서에 따른다.
j		1) 발포 폴리에틸렌 보온재, 고무발포 보온재 2) 접착제 및 부착재 3) 외장재 4) 밀봉재	① 외장재는 공사시방서에 따른다.
시공 종별	사용 구분	재료 및 시공 순서	비고

k	지하층, 지하피트 내 배관 (트렌치, 피트 내를 포함)	1) ALK 또는 ALGC 부착 미네랄울, 유리면보온재 2) 베이퍼배리어 점착테이프 3) 폴리에틸렌 필름 또는 아스팔트 펠트 4) 외장재 5) 밴드	① 보온 마감순서는 공사시방서에 따른다. 보온재는 공사시방서에 따른다. ② 외장재는 공사시방서에 따르되 점검이 용이하고 다습한 장소가 아닌 경우 3)을 제외하고 정형이 유지되는 경우 5)를 제외할 수 있다.
l		1) 발포 폴리에틸렌 보온재, 고무발포 보온재 2) 접착제 및 부착재 3) 외장재	① 외장재는 공사시방서에 따른다.
m	욕실, 주방 등의 다습한 장소의 배관	1) ALK 또는 ALGC 부착 미네랄울, 유리면보온재 2) 베이퍼배리어 점착테이프 3) 외장재 및 밴드 4) 밀봉재 5) 밴드	① 보온 마감순서는 공사시방서에 따른다. ② 욕내 노출의 경우는 3) 및 4)를 제외한다. ③ 외장재는 공사시방서에 따른다.
n		1) 발포 폴리에틸렌 보온재, 고무발포 보온재 2) 접착제 및 부착재 3) 외장재 4) 밀봉재	① 외장재는 공사시방서에 따른다.

주 1) 냉매용 동배관의 보온은 f, h, j, l, 및 n에 따른다.

2) 냉수 및 냉온수용 욕내 노출 배관으로 관지름 65 mm 이상의 밸브, 스트레이너 등은 나사못 등에 의해 탈착이 용이한 금속제 또는 성형 합성수지재 덮개로 외장을 마감한다.

3) ALK 또는 ALGC는 보온재에 별도 부착할 수 있다.

6.1.3 시공 두께 기준

(1) 급수관 및 배수관 등의 결로 방지를 위한 보온재 등급별 보온두께는 다음 표에 따른다.

① 일반적인 경우(조건 : 관내 수온 15 ℃ 이하, 주위온도 30 ℃ 이하, 상대습도 75% 미만)

표 6.1-3 급수관 등의 보온 두께 (일반)

보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K (KS L 9016에 의한 23±2℃ 시험조건에서 열전도율)	보온두께(mm)	
		관 호칭지름 15~80	관 호칭지름 100 이상
가 나 다 라	0.030 초과 0.034 이하	20	35
	0.035~0.040	25	40
	0.041~0.046	30	45
	0.047~0.051	35	50

- ② 다습한 장소의 경우(조건: 관내 수온 15 ℃ 이하, 주위온도 30 ℃ 초과 또는 상대습도 75% 이상)

표 6.1-4 급수관 등의 보온 두께 (다습한 장소)

보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K (KS L 9016에 의한 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 시험조건에서 열전도율)	보온두께(mm)		
		관 호칭지름 15~25	관 호칭지름 32~300	관 호칭지름 350 이상
가	0.030 초과 0.034 이하	20	35	45
나	0.035~0.040	25	40	50
다	0.041~0.046	30	45	60
라	0.047~0.051	35	50	65

- (2) 급탕관, 온수관, 증기관의 보온재 등급별 보온두께는 다음 표에 따른다.

- ① 일반적인 경우

가. 조건: 관내 수온 90 ℃ 이하, 주위온도 30 ℃ 이하

표 6.1-5 온수관 등의 보온 두께 (일반)

보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K (KS L 9016에 의한 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 시험조건에서 열전도율)	보온두께(mm)		
		관 호칭지름 15~40	관 호칭지름 50~125	관 호칭지름 150 이상
가	0.030 초과 0.034 이하	20	35	45
나	0.035~0.040	25	40	50
다	0.041~0.046	30	45	60
라	0.047~0.051	35	50	65

나. 조건: 관내 수온 91~120 ℃, 주위온도 30 ℃ 이하

표 6.1-6 온수관 등의 보온 두께 (중온)

보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K (KS L 9016에 의한 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 시험조건에서 열전도율)	보온두께(mm)		
		관 호칭지름 15~40	관 호칭지름 50~125	관 호칭지름 150 이상
가	0.030 초과 0.034 이하	35	45	70
나	0.035~0.040	40	50	80
다	0.041~0.046	45	60	90
라	0.047~0.051	50	65	100

- ② 고온의 경우

가. 조건: 관내 수온 121~220 ℃, 주위온도 30 ℃ 이하

표 6.1-7 고온수관 등의 보온 두께 (고온)

보온재 등급	관 호칭지름 (mm)	25 이하	32~65	80~300	300 초과
	보온두께(mm)	40	50	80	100
가 나 다 라	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K	0.034 초과 0.034 이하 0.035~0.040 0.041~0.046 0.047~0.051			

(3) 냉수관, 냉온수관의 보온재 등급별 보온두께는 다음 표에 따른다. 밸브의 보온은 이것에 준한다. 4 ℃ 미만의 냉수는 특기 시방에 따른다.

① 일반적인 경우

가. 조건: 관내 수온 4 ℃ 이상 6 ℃ 미만, 주위온도 30 ℃ 이하, 상대습도 75% 미만

표 6.1-8 냉수관 등의 보온 두께 (저온 일반)

보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K	보온두께(mm)	
		관 호칭지름 15~25	관 호칭지름 32 이상
가	0.030 초과 0.034 이하	25	40
나	0.035~0.040	30	45
다	0.041~0.046	35	50
라	0.047~0.051	40	55

나. 조건: 관내 수온 6~15 ℃, 주위온도 30 ℃ 이하, 상대습도 75% 미만

표 6.1-9 냉수관 등의 보온 두께 (일반)

보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K	보온두께(mm)	
		관 호칭지름 15~25	관 호칭지름 32 이상
가	0.030 초과 0.034 이하	20	35
나	0.035~0.040	25	40
다	0.041~0.046	30	45
라	0.047~0.051	35	50

② 다습한 장소의 경우

가. 조건: 관내 수온 4 ℃ 이상 6 ℃ 미만, 주위온도 30 ℃ 초과 또는 상대습도 75% 이상

표 6.1-10 냉수관 등의 보온 두께 (다습, 저온)

보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K	보온두께(mm)		
		관 호칭지름 15~32	관 호칭지름 40~100	관 호칭지름 125 이상
가 나 다 라	0.030 초과 0.034 이하	35	45	65
	0.035~0.040	40	50	75
	0.041~0.046	45	60	90
	0.047~0.051	50	65	100

나. 조건: 관내 수온 6~15 ℃, 주위온도 30 ℃ 초과 또는 상대습도 75% 이상

표 6.1-11 냉수관 등의 보온 두께 (다습, 일반)

보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K	보온두께(mm)		
		관 호칭지름 15~32	관 호칭지름 40~100	관 호칭지름 125 이상
가 나 다 라	0.030 초과 0.034 이하	35	45	65
	0.035~0.040	40	50	75
	0.041~0.046	45	60	90
	0.047~0.051	50	65	100

6.2 장비류 보온시공

6.2.1 보온시공 방법

미네랄을 및 유리면의 사용구분과 재료 및 시공순서는 다음 표 6.2-1에 따른다.

표 6.2-1 기기별 보온 시공 순서

시공 종별	사용 구분	재료 및 시공 순서	비고
a	급수 탱크류	1) 보온핀 또는 접착제 2) 보온재 3) 아스팔트 펠트 또는 폴리에틸렌 필름 4) 아연철선 또는 철판망 5) 금속판	① 다른 보온재는 공사시방서에 따른다. ② 각형탱크의 경우에는 원칙적으로 철판망을 사용한다. ③ 외장용 금속판은 공사시방서에 따른다.
b	보일러, 연도	1) 보온핀 또는 스폿 용접 2) 보온재 3) 아연철선	① 다른 보온재는 공사시방서에 따른다. ② 각형연도의 경우에는 원칙적으로

		4) 철망 또는 철판망 5) 금속판	철판망을 사용한다. ③ 외장용 금속판은 공사시방서에 따른다.
c	증기 헤더 열교환기 저장탱크 온수탱크 급수, 온수팽창탱크	1) 보온핀 2) 보온재 3) 아연철선 4) 철망 또는 철판망 5) 금속판	① 보온핀은 필요장소에만 사용한다. ② 다른 보온재는 공사시방서에 따른다. ③ 각형탱크의 경우에는 원칙적으로 철판망을 사용한다. ④ 외장용 금속판은 공사시방서에 따른다.
d	냉동기	1) 보온핀 또는 접착제 2) 보온재 3) 아스팔트 펠트 또는 폴리에틸렌 필름 4) 아연철선 5) 금속판	① 다른 보온재는 공사시방서에 따른다. ② 외장용 금속판은 공사시방서에 따른다.
e	급수, 냉온수펌프 헤더 및 탱크류	1) 보온핀 또는 접착제 2) 보온재 3) 아스팔트 펠트 또는 폴리에틸렌 필름 4) 아연철선(철판망) 5) 금속판	① 다른 보온재는 공사시방서에 따른다. ② 각형탱크의 경우에는 원칙적으로 철판망을 사용한다. ③ 외장용 금속판은 공사시방서에 따른다.
f	공기조화기 송풍기(냉풍용)	1) 보온핀 2) 보온재 3) 철판망 4) 금속판 및 불연, 준불연재판	① 다른 보온재는 공사시방서에 따른다. ② 외장판은 공사시방서에 따른다.
g	배기통	1) 미네랄울 보온대 2) 아연철선 3) 철망	① 유리면매트 단열카바(두께 20 mm)를 사용하는 경우는 공사시방서에 따른다.

- 주 1) 냉온수 발생기의 재생기 보온은 보일러에 준하여 시행한다,
2) 시공종별의 f의 시공에 있어서 공기조화기 내부에 위치하는 경우는 보온 제외한다.
3) 공장 제작 제품은 제조사의 책임 하에 제조사의 기준에 따라 보온 시공 방법을 적용할 수 있다.
4) 아연철선은 보온재의 고정에 필요한 경우에 적용한다.
5) 메탈라스, 철망, 또는 철판망은 보온재의 비산 또는 유실을 방지를 위하여 필요한 경우에 적용한다.

6.2.2 결로방지용 보온시공 두께

급수탱크류의 결로방지를 위한 보온재 등급별 보온두께는 다음 표 이상으로 한다.

- (1) 일반적인 경우(조건: 탱크 내부 온도 15 ℃ 이하, 주위온도 30 ℃ 이하, 주위 상대습도 75% 미만)

표 6.2-2 탱크류의 결로 방지용 보온 두께 (일반)

보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K (KS L 9016에 의한 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 시험조건에서 열전도율)	보온두께(mm)
가	0.030 초과 0.034 이하	20
나	0.035~0.040	25
다	0.041~0.046	30
라	0.047~0.051	30

- (2) 다습한 장소의 경우(조건: 탱크 내부 온도 15°C 이하, 주위온도 30°C 초과 또는 주위 상대습도 75% 이상)

표 6.2-3 탱크류의 결로 방지용 보온 두께 (다습한 장소)

보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K (KS L 9016에 의한 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 시험조건에서 열전도율)	보온두께(mm)
가	0.030 초과 0.034 이하	40
나	0.035~0.040	50
다	0.041~0.046	60
라	0.047~0.051	65

6.2.3 장비류 보온시공 두께

- (1) 보일러 및 연도의 보온재 등급별 보온두께는 다음 표 2.3-3에 따른다. (조건: 내부온도 300°C 이하, 주위온도 30°C 이하) 단, 단열 성능이 있는 이중 연도는 제외한다.

표 6.2-4 보일러 등의 보온 두께

보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K (KS L 9016에 의한 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 시험조건에서 열전도율)	보온두께(mm)
가	0.030 초과 0.034 이하	70
나	0.035~0.040	80
다	0.041~0.046	90
라	0.047~0.051	100

- (2) 온수 펌프, 열교환기, 저탕탱크 및 팽창탱크의 보온재 등급별 보온두께는 다음 표 2.3-4에 따른다. (조건: 내부온도 100°C 이하, 주위온도 30°C 이하)

표 6.2-5 열교환기 등의 보온 두께

보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K (KS L 9016에 의한 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 시험조건에서 열전도율)	보온두께(mm)
가	0.030 초과 0.034 이하	40
나	0.035~0.040	50
다	0.041~0.046	60
라	0.047~0.051	65

- (3) 증기헤더, 열교환기의 보온재등급별 보온두께는 다음 표 2.3-5에 따른다. (조건 : 내부온도 100°C 초과 150°C 이하, 주위 온도 30°C 이하)

표 6.2-6 저압 증기헤더 등의 보온 두께

보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K (KS L 9016에 의한 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 시험조건에서 열전도율)	보온두께(mm)
가	0.030 초과 0.034 이하	50
나	0.035~0.040	60
다	0.041~0.046	70
라	0.047~0.051	75

- (4) 고압증기 헤더, 열교환기의 보온재 등급별 보온두께는 다음 표 2.3-6에 따른다. (조건: 내부온도 150°C 초과 220°C 이하, 주위온도 30°C 이하)

표 6.2-7 고압 증기헤더 등의 보온 두께

보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K (KS L 9016에 의한 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 시험조건에서 열전도율)	보온두께(mm)
가	0.030 초과 0.034 이하	50
나	0.035~0.040	60
다	0.041~0.046	70
라	0.047~0.051	75

6.3 시공 일반

- (1) 건축물의 방화구획, 방화벽, 기타 법규로 지정된 칸막이 또는 벽 등을 관통하는 배관, 덕트 등의 틈새부분에 대해서는 내화성능 인정을 받은 불연재료로 충전한다.
- (2) 건축법, 소방법 등의 법규상 불연공법이 요구되어지는 곳은 불연재 또는 불연재에 준하는 내화성능이 있는 보온재, 외장재 및 보조재를 사용하여 피복 시공한다.
- (3) 보온재의 이음부분은 틈새가 없도록 시공하고 겹침 부위의 이음선이 동일선 상에 있지 않도록 한다.
- (4) 배관의 철선감기는 대(帶) 모양재일 때는 50 mm 피치 이하의 나선감기로 조이

고, 통 모양재일 때는 1본에 대해 2개소 이상 감아 조인다. 원형 덕트의 철선감기는 150 mm 피치 이하의 나선으로 감아 조인다.

- (5) 아스팔트 펠트와 정형용 원지의 겹쳐 감는 폭은 30 mm 이상으로 한다.
- (6) 외장용 테이프류의 겹쳐 감는 폭은 15 mm 이상으로 하고, 입상관일 때는 아래에서 위쪽으로 감아 올라간다. 단, 폴리에틸렌 필름의 경우는 1/2 겹침 감기를 한다. 수평배관인 경우에는 900 mm 간격으로 수직배관은 600 mm 간격으로 알루미늄 밴드를 감아서 외장용 테이프가 풀리지 않도록 한다.
- (7) 금속관 등을 감아 마무리 하는 경우 관, 원형덕트의 직관부, 장방형덕트 및 각형 탱크 류는 시임(seam)이음으로 하고, 관 및 원형덕트의 굽힘부는 형태에 맞게 제작 또는 공장가공에 의한 성형품으로 한다. 이음매는 삼입이음으로 하되 탱크류는 필요에 따라 겹침부위에 나사못으로 고정 할 수 있다. 옥외 및 옥내 다습한 곳의 이음매 및 나사못 부위는 밀봉재로 마감한다.
- (8) 보온편의 부착 수는 장방형 덕트의 경우는 300 mm 간격에 최소한 밑면 및 측면은 2개, 윗면은 1개로 한다. 흡음재 내장의 경우는 1 m²당 30개 정도로 하고 모양에 따라 필요한 곳에 보온편을 부착한다.
- (9) 옥내 노출배관의 바닥 관통부는 보온재의 보호를 위하여 바닥에서 최소 150 mm 높이까지 아연철판 또는 스테인리스 밴드 등으로 피복한다.
- (10) 관 지름 65 mm 이상의 냉수 및 냉온수 배관의 지지부는 보온두께와 같은 목재, 칼슘실리케이트, 보온 지지철물, 합성수지재 등의 지지대로 설치하고, 그 위에 행거밴드 또는 U-볼트로 고정하여 보온재를 넣은 다음 외장재로 마감한다. 행거 또는 U-볼트로 지지되는 부위는 아연도철판 0.4 mm 이상의 지지판을 보온재 외부와 행거/U-볼트 사이에 반원형으로 길이 200 mm 이상 지지하여 보온재를 보호한다. 호칭 지름 50 mm 이하의 관은 보온재 외부에 행거로 지지할 수 있다. 부득이 배관을 보온재 내부에서 지지하는 경우는 결로 방지를 위해 지지대를 보온표면보다 150 mm 이상의 길이까지 두께 20 mm 이상으로 보온한다.
- (11) 옥내노출관의 보온 변형부분과 분기굴곡부 등에는 밴드로 고정한다. 밴드 폭은 보온외경 150 mm 이하는 20 mm로, 150 mm 이상은 25 mm로 한다.
- (12) 보온을 필요로 하는 기기의 문 및 점검구 등은 개폐에 지장이 없고 보온효과가 감소하지 않도록 시공한다.
- (13) 보온을 필요로 하는 덕트 등의 지지대, 벽체부착 브래킷의 지지부 및 지지하는 곳에 대하여도 보온한다.
- (14) 밸브 및 플랜지의 보온시공은 배관 시공에 따르고, 노출 주철밸브 류의 외장재는 공사시방서에 따른다.
- (15) 배관보온용으로 보온통의 사용이 어려운 곳은 동질의 보온대 및 보온판 등을 사용한다.
- (16) 외기조건 등이 특수하여 보온통의 두께가 기성제품의 시방에 맞지 않을 때에는 보온통 위에 동질의 보온판 및 보온대를 감거나 또는 보온통을 이중으로 겹

쳐 시공한다.

- (17) 인조광물섬유 보온재 이외의 보온재로 시공 시, 기기별 재료 및 시공순서는 공사시방서에 따른다.
- (18) 마감재 시공 시 보온재의 원형 두께가 유지되도록 한다.
- (19) 냉수 배관 또는 결로 방지용 배관은 보온재가 대기와 직접 접촉하지 못하도록 방습재 (베이퍼배리어)를 시공하고, 습기가 침투할 수 있는 방습재의 손상 부위는 방습 마스틱 또는 동등 이상의 재료로 마감한다.
- (20) 히트펌프의 실외기 응축수 배관 또는 호스는 수직 배수관 연결 지점까지 결로 방지 보온을 적용한다. 필요시 응축수 배관 내에 발열선을 설치한다.
- (21) 배관의 보온마감재 외부에는 배관의 용도와 흐름 방향을 확인할 수 있도록 일정 간격으로 색상을 다르게 하여 표식을 한다.

7장 일반적인 적용방법과 실례

7.1 일반사항

여기에서 소개하는 적용 예시는 외국의 보온시공업체들이 인정한 방법으로 우리나라의 경우에도 보온 시공방법의 개선을 위하여 제시한다. 이 방법은 특별한 경우에 대한 단열 형식보다는 확실한 형태의 적용에 대한 예를 들고 있다. 단열의 여러 가지 대안으로 적용할 수 있는 방법과 재료 선택은 각 설치 방법에 따라 보여주고 있다. 예를 들어 엘보는 성형 보온엘보, 분할 이음 방법, PVC/광섬유 엘보 시스템 등의 방법으로 단열할 수 있다.

아래의 예시 그림에서 제시된 단열재료, 마감재 그리고 보호재의 조합은 규정하거나 추천 시공으로 설명하는 것은 아니다. 예시된 단열시스템은 올바른 시공과 합당한 재료 선택을 나타내지만 승인할 수 조합을 나타내는 것은 아니다. 어느 한 시공에서 가능한 많은 설계 조건을 만족하기 위하여 시도한 것으로 많은 예시는 필요한 것 이상의 더 완전한 적용 방법을 나타낸다. 예를 들어 은폐 단열은 어떤 사례에서 보듯이 가끔 마감재나 보호재를 요구하지 않는다. 이러한 선택은 여러 설계 조건에 달려있으며 2,3장에서 더 명확하게 논의한다.

이 장에서의 목적은 어떤 시공 상태에서 시방서 작성자, 시공자, 감독자들이 재료의 올바른 적용을 하도록 시각적으로 제공하는 것이다. 시방서 작성 기술자는 계약자, 시공자, 감독자와 시공이 완료될 때 어떻게 보이는지 소통하기 위하여 예시를 사용할 수 있으며 혼돈이나 이해를 하지 못하는 점을 제거할 수 있게 된다.

시방서 작성자는 예시의 번호로 작성한 재료의 목록과 두께, 적용에 대하여 일치하도록 한다. 계약자는 승인서류, 제안서 또는 시공자에게 지시하는 경우 유사한 방법이라면 도면을 사용할 수 있다.

7.2 배관

이 절에서 소개하는 배관 시스템은 상업용 단열 시공자 공법의 대부분을 나타낸다. 이 시스템의 온도 범위는 -45℃~800℃ 사이이다. 다음은 일반적인 온도 범위에서 나오는 배관 시스템의 기본 분류이다.

7.2.1 분류

저온 배관

- ① 냉매
- ② 보충수
- ③ 냉수

④ 배수

일반배관

- ① 급탕
- ② 온수
- ③ 응축수 환수
- ④ 냉온수

고온 배관

- ① 증기
- ② 고온수
- ③ 고압 응축수

7.2.2 재료

2.4절에서 나타난 기본적인 배관 단열재료는 예시에서 나타내는 적용 사안에 대하여 적합하다. 재료의 선택은 2,3장에서 논의한 여러 설계 범주에 기본을 두어야 한다.

7.2.3 일반 적용

성형 배관보온재의 적용은 단층 또는 다층에 해당된다. 대부분의 시공에서 단층 시공에 사용된다. 그러나 다층 시공은 대구경 배관, 장배관, 극저온, 고온에 대하여 적용될 수 있다. 연결부위는 엇갈리게 하고 층은 완전하게 확보되어야 한다.

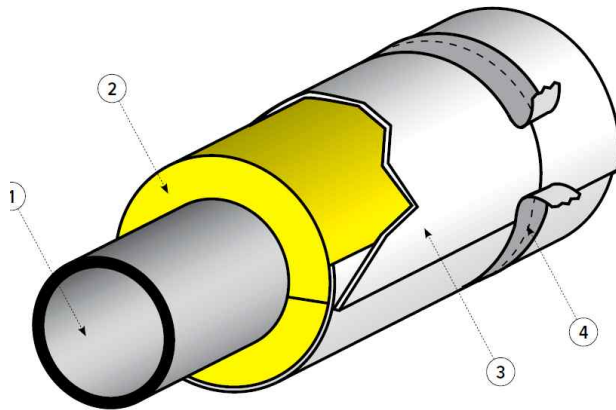
배관단열은 여러 가지 형태로 적용될 수 있다. 자켓은 공장제품이거나 현장제작으로 한다. 적용방법의 변형은 배관단열재의 일반적인 설치보다는 마감의 형태나 사용된 서포트나 행거의 형태에 따라 발생한다.

저온의 열매를 사용하는 경우 배관표면의 온도가 사용 장소의 주위공기 상태의 노점 온도보다 낮을 때 습공기가 배관 표면에 접촉하는 환경이 되면 결로가 발생하여 보온재로 흡습되는 현상이 일어난다. 이 경우 결로로 인한 낙수 현상으로 문제가 발생하게 된다. 저온이나 냉수 배관에서 수증기 억제 설계는 중요하게 고려할 사항이다. 저온 배관에서 수증기 억제 실패를 차단하기 위하여 어떤 경우에는 길이 방향을 따라 특정한 지점의 맞대기 지점에 베이퍼댐을 적용할 필요가 있다. 결로방지를 위하여 보온재의 끝단부분에서의 기밀성과 길이방향에서의 연결 부분에서 투습의 전달을 차단시키기 위하여 습증기차단(vapor stop) 기능을 갖추어야 한다.

그러나 국내 보온시공에서는 대부분 이에 대한 부분을 간과하고 있어 결로로 인한 하자사례가 많은 편이다. 특히 열전도율이 높은 지지철물 부분에서 결로 현상이 자주 발생한다.

다음은 각종 배관에 대한 보온은 아래 경우를 참조하여 시공한다..

(1) 한 겹 보온 시공

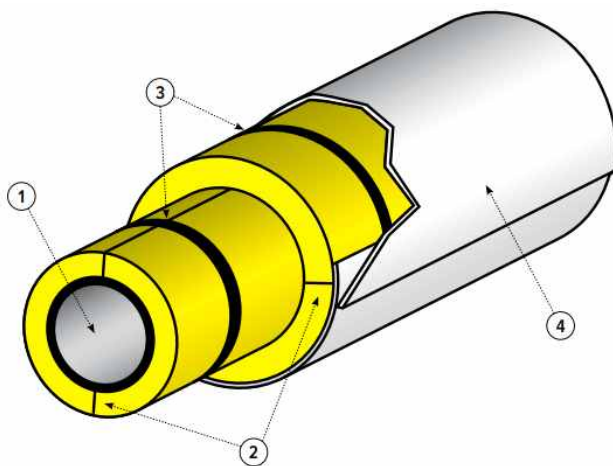


- ① 파이프
- ② 단열재
- ③ 공장제 자켓
- ④ 길이방향 이음 테이프
- * 주위온도보다 낮은 온도 조건인 경우 수증기 차단이 필요

(2) 여러 겹 보온 시공

여러 겹 보온 시공은 동일한 두께에 대하여 한 겹보다 더 사용하는 것을 의미한다. 여러 겹 시공의 결정은 아래와 같은 이유로 행해진다.

- 배관의 신축을 보상하기 위한 방법
- 좀 더 효율적인 단열 효과를 내기 위하여 이음부의 열손실을 줄이기 위함
- 제조업체의 규격을 초과하는 두께인 경우
- 개선공사를 하는 경우

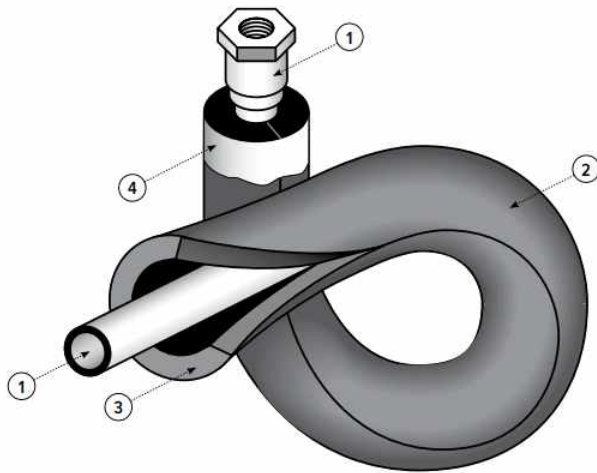


- ① 파이프
- ② 길이방향과 원주방향 이음부 엇갈림 단열재
- ③ 결속용 철선, 테이프 또는 밴드
- ④ 자켓(선택)
- * 주위온도보다 낮은 온도 조건인 경우 수증기 차단이 필요

(3) 플렉시블폼 보온재 배관 단열

플렉시블폼 배관 보온재는 냉수나 일반 배관에 주로 사용된다. 연속된 튜브 형

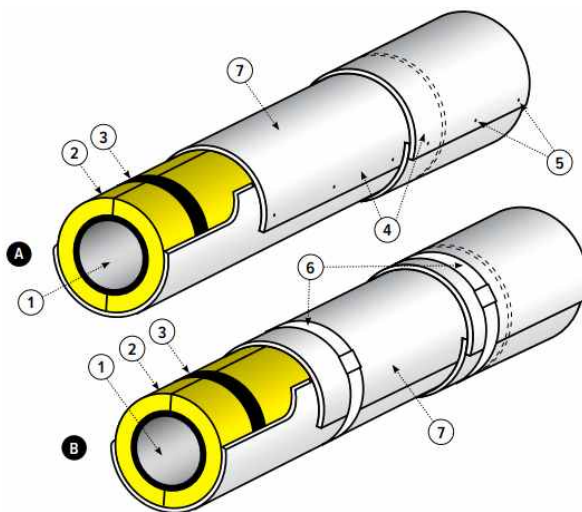
태로 제작되어 소구경 배관위에 밀어 넣어 사용할 수 있다. 이음부는 접착제로 밀봉하고 길이방향 이음부는 양면의 자체 접착 방법으로 밀봉한다. 실내에 적용하는 경우 추가적인 보완이나 마감이 필요하지 않다. 옥외에 적용하는 경우 제작자 추천 방법에 따른다.



- ① 파이프
- ② 단열재
- ③ 접착제
- ④ 필요 시 보호 코팅
- * 주위온도보다 낮은 온도 조건인 경우 수증기 차단이 필요

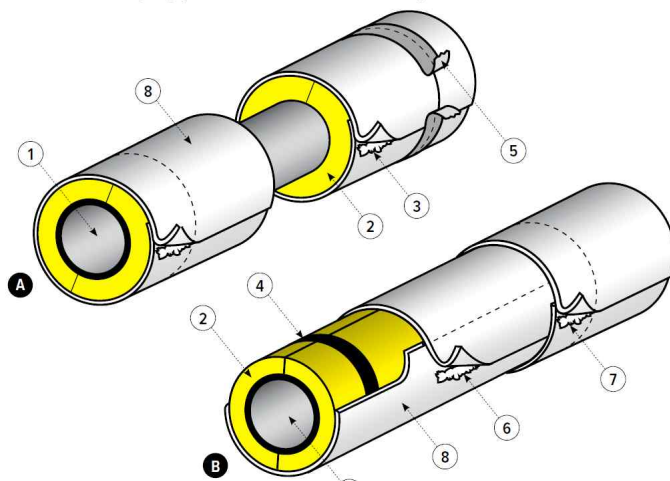
(4) 현장시공 금속 자켓

금속 자켓으로 알루미늄, 스테인리스스틸, 코팅강판 등이 사용된다. 이것은 공장 제작이거나 현장제작으로 한다. 적용 방법에서 주요한 차이는 저온이나 고온 설치에 적합여부를 선택하는 것이다. 수증기 차단 자켓이나 코팅은 바깥 쪽 자켓 위에 고정 패스너를 사용함에 따라 구멍이나 훼손이 없도록 금속 자켓 아래에 적용되어야 한다.



- A : 고정패스너를 이용한 방법
- B : 밴드를 이용한 방법
- ① 파이프
- ② 단열재
- ③ 결속용 철선, 테이프 또는 밴드
- ④ 낙수에 지장없는 겹침
- ⑤ 길이 방향 고정 패스너
- ⑥ 외장재 커버 금속 밴드
- ⑦ 자켓

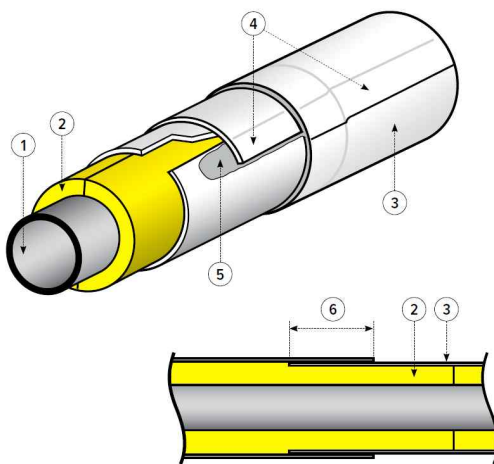
(5) 공장제작과 현장시공 비금속 자켓



A : 공장제작 자켓
B : 현장 제작 자켓밴드를 이용한 방법

- ① 파이프
- ② 단열재
- ③ 길이방향 겹침 부위
- ④ 결속용 철선, 테이프 또는 밴드
- ⑤ 원주방향 겹침부접착
- ⑥ 길이방향 겹침부 접착
- ⑦ 맞대기 겹침부 접착
- ⑧ 자켓

(6) 비금속 기밀 자켓 시스템

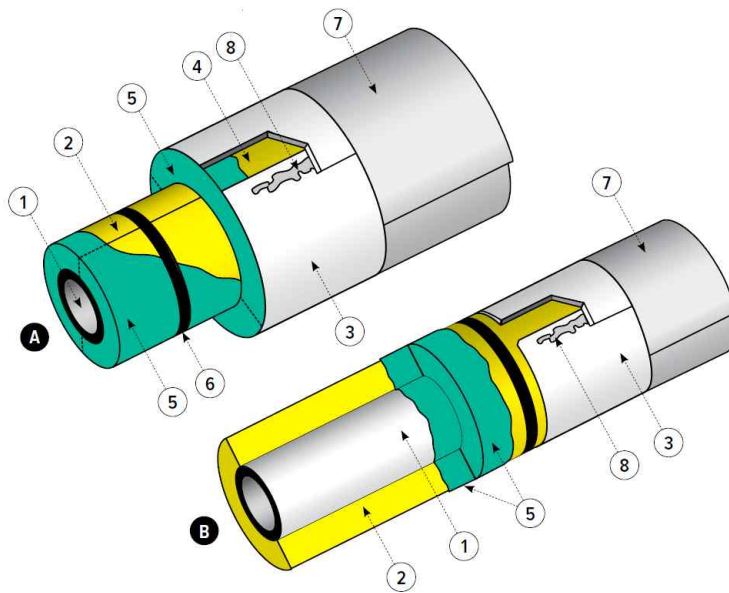


- ① 파이프
- ② 단열재
- ③ 자켓
- ④ 자켓 겹침부위
- ⑤ 접착제
- ⑥ 슬랩이음부 최소 100 mm, 접착 없음

(7) 베이퍼 스톱

베이퍼 스톱은 수증기나 물이 전달되는 것을 차단하기 위한 시스템이나 재료를 의미한다. 베이퍼스톱은 저온의 시스템이나 특히 습도가 높은 환경에서 작동되는 경우에 필요하다.

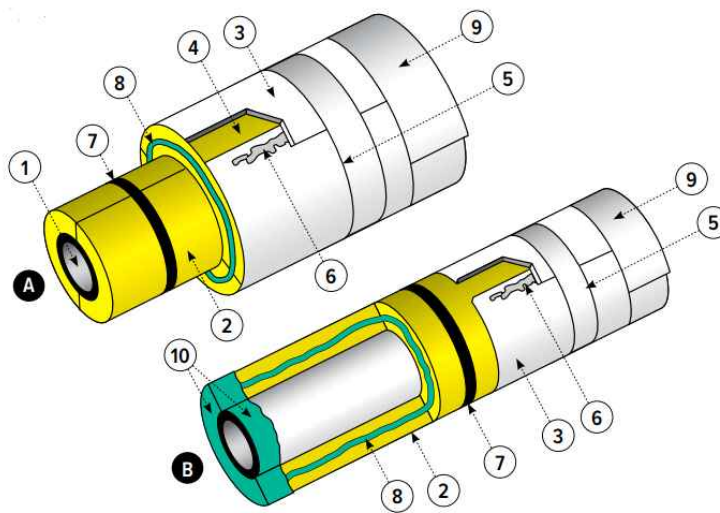
- ① 파이프
- ② 단열재
- ③ 증기차단 자켓
- ④ 단열재 외면



- ⑤ 증기차단 메스틱
- ⑥ 결속용 철선, 테이프 또는 밴드
- ⑦ 보호자켓
- ⑧ 접착제

(8) 저온 배관의 한접 또는 다접 시공

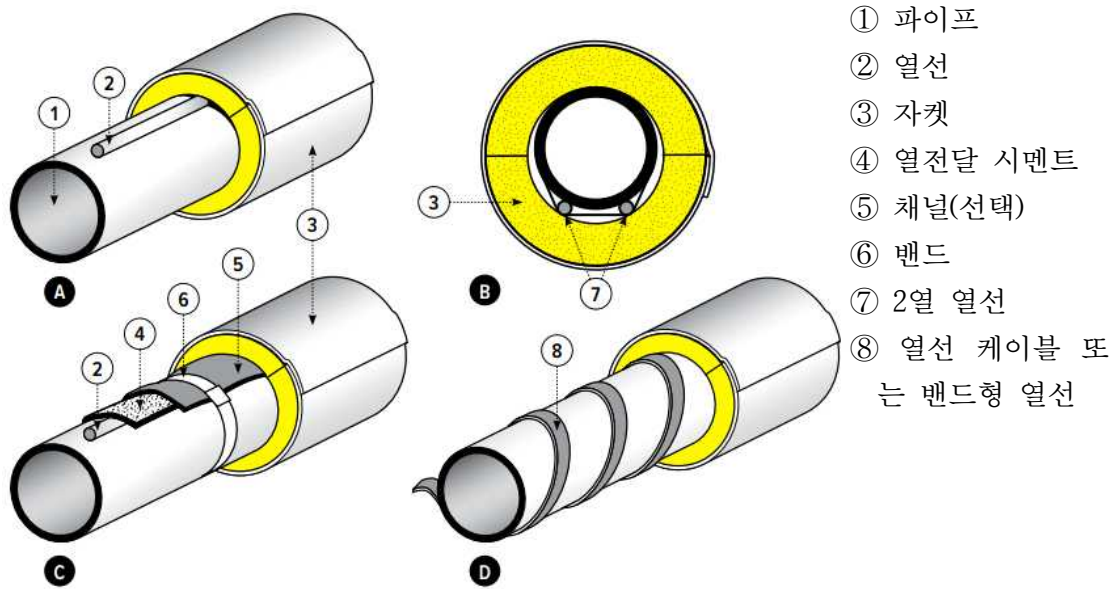
이 배관 보온은 -45 ℃~0℃ 인 저온의 냉매 배관이나 저온수 배관에 적용한다.



- ① 파이프
- ② 단열재층
- ③ 증기차단 자켓
- ④ 단열재 외면
- ⑤ 맞대기 이음부 실링
- ⑥ 접착제
- ⑦ 결속용 테이프 또는 밴드(필요시)
- ⑧ 증기차단용 이음부 기밀재(필요시)
- ⑨ 보호용 자켓
- ⑩ 베이퍼 스톱(필요시)

(9) 동파방지 열선

동파방지 열선은 동파나 최저 온도를 유지하기 위하여 구비한다. 이것에는 일반적으로 두 가지 방법이 이용된다. 첫째는 배관의 길이 방향에 따라 설치하는 것이고 둘째는 전기 케이블이나 테이프를 배관 주위에 감는 방법이다.

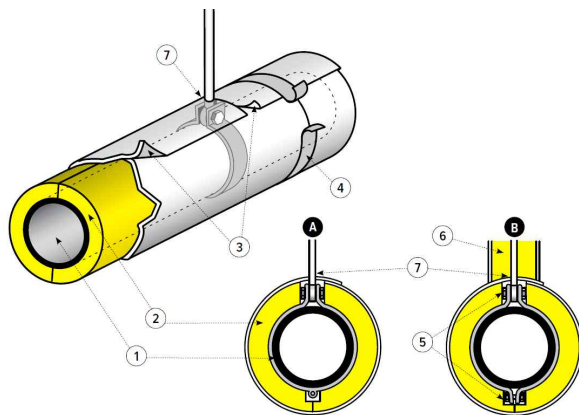


7.2.4 서포트, 배관 행거

서포트에서 배관 단열의 단면은 맞대기 이음부의 적합한 기밀을 가능하게 하기 위하여 보호재나 서포트 기구를 지나 연장하여야 한다. 냉수배관에서 행거 로드나 돌출부는 로드 위에 형성되는 결로 현상을 방지하기 위하여 단열되어야 한다. 결로 현상을 방지하기 위한 단열은 배관 단열 두께의 4배 정도까지 연장하여야 한다. 하지만 일반적으로 배관에 직접 접촉하는 링타입 행거나 서포트는 냉수배관에는 적용하지 않는다.

시공과정에서 아래 그림과 같이 단열이 꼭 필요한 부위에 대하여 누락 시공하는 경우가 종종 있다. 이는 시방서 상에서 명시되지 않았거나 애매한 경우가 있으므로 아래 그림을 참조하여 시공한다.

(1) 표준형과 분할 링 행거



A : 표준 행거

B : 분할 링 행거

① 파이프

② 단열재

③ 길이방향 겹침 부위

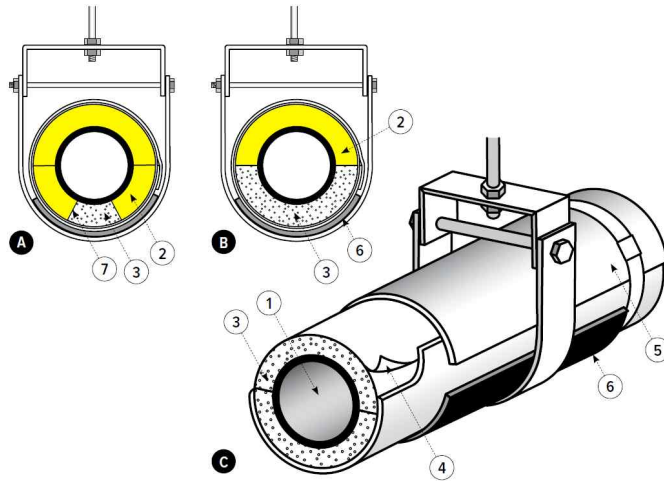
④ 맞대기 이음부 띠

⑤ 분할 링 행거 겹침부 단열재 제거

⑥ 저온 보온시 환풍 주위 보온

⑦ 저온보온 시 수증기 차단 매스틱 사용

(2) U형 행거



A : 고밀도 단열 인서트

B : 180° 고밀도 단열 인서트

C : 360° 고밀도 단열 인서트

① 파이프

② 단열재

③ 고밀도 단열 인서트

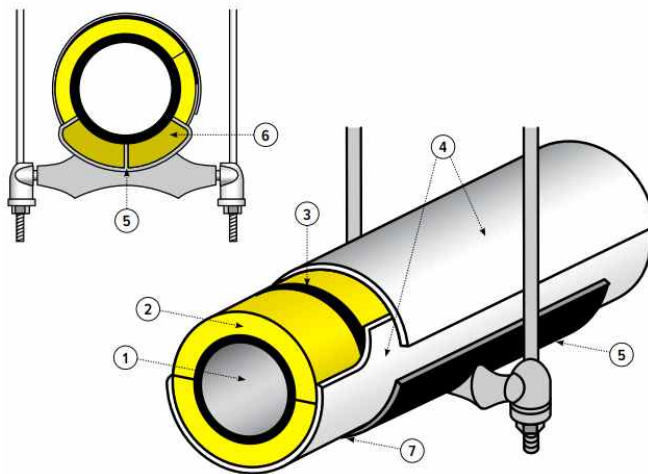
④ 공장제 수증기 차단자켓

⑤ 자켓

⑥ 금속 보호철판

⑦ 저온 시 수증기 차단 매스틱 위에 바닥 매트

(3) 롤러서포트 위 파이프 슈



① 파이프

② 단열재

③ 결속용 철선, 테이프 또는 밴드

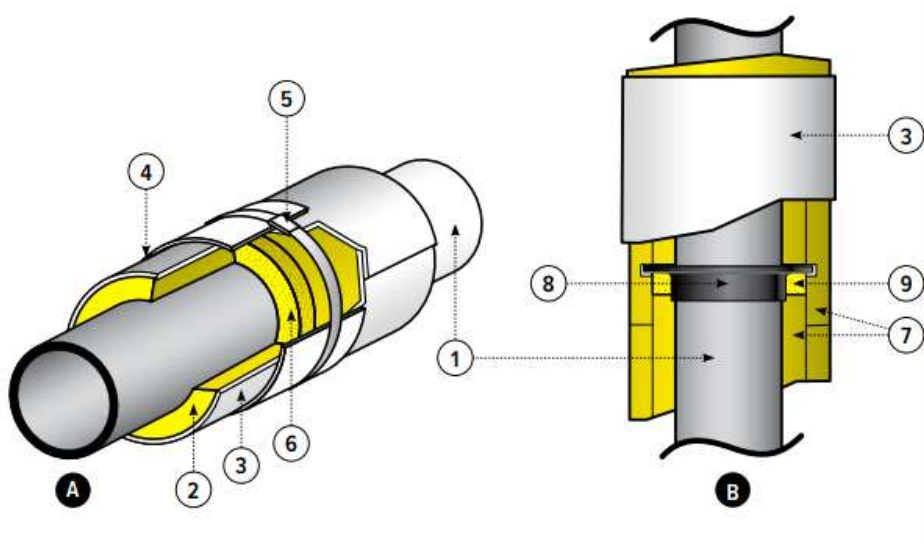
④ 공장제 또는 현장 시공 자켓

⑤ 파이프 슈

⑥ 파이프 슈 내 중공부 단열

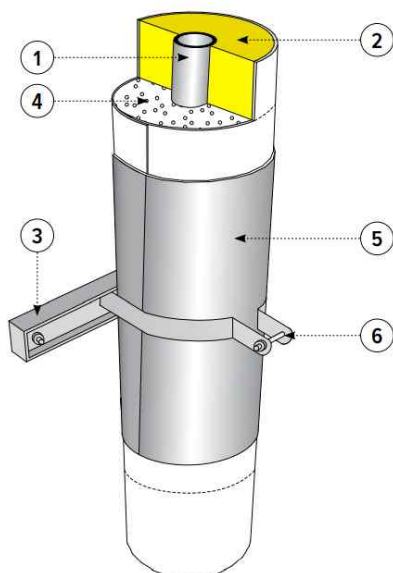
⑦ 파이프 슈 끝단 기밀 코킹 또는 매스틱

(4) 팽창 이음과 단열 서포트 링



- ① 파이프
- ② 단열재
- ③ 자켓
- ④ 한쪽 끝단에 견고하게 보호하는 자켓 재료의 슬리브 또는 슬립조인트
- ⑤ 슬리브 고정용 밴드
- ⑥ 신축단열재의 칼라
- ⑦ 단열재
- ⑧ 단열재 지지링
- ⑨ 지지링 아래 삽입된 신축단열재의 칼라

(5) 수직 배관 서포트



- ① 파이프
- ② 단열재
- ③ 배관 벽지지 철물
- ④ 고밀도 단열재료
- ⑤ 360도 금속 보호재
- ⑥ 고정 클램프

7.2.5 보호재

고정재나 접착제, 테이프, 밴드 등의 사용은 사용하는 자켓 재료와 설치 온습도 조건에 따른다.

7.3 이음쇠, 밸브 류의 단열 시공

7.3.1 일반사항

이음쇠, 밸브류, 플랜지와 커플링의 단열은 가장 시간을 많이 소비하고 가장 비싸게 드는 형상을 가지고 있다. 재료와 적용 방법의 선택은 2,3 장에서 소개된 여러 설계 조건에 기초한다.

설계조건과 비용에 따라서 다음과 같은 적용방법이 온수나 냉수표면에 사용될 수 있다.

- 1) 성형이음쇠 단열 : 두 쪽으로 생산되고 이음쇠나 밸브류 등에 직접 시공된다.
- 2) 조립형 이음쇠 단열 : 성형 배관 보온재나 면재 또는 블럭의 조각으로 현장조립이나 사전 조립되며 이음쇠, 밸브류 위에 직접 설치한다.
- 3) 플렉시블/PVC보온커버 시스템 : 하나 또는 두 개의 조각 PVC인 이음쇠, 밸브 그리고 커플링 커버는 유연한 블랑켓 단열재 위에 설치된다.
- 4) 단열과 금속커버시스템 : 두 주각 또는 조각의 금속 제 이음쇠, 밸브 커버는 단열재위에 설치된다.
- 5) 일정하지 않은 표면은 메스틱을 적용 : 보강용 메쉬나 섬유 보강제는 이음쇠 크기나 단열두께 그리고 다른 조건에 따라 제공되거나 적용하지 않을 수 있다.
- 6) 이음쇠나 밸브류 안 쪽으로 채우는 단열재로서 불규칙적인 표면위에 사용되는 성형 우레탄이 사용된다.
- 7) 베이퍼 스톱이나 베이퍼 댐은 모든 환경 조건 아래에서 고려되어야 한다.

배관이음쇠, 밸브 류, 계기 류 등 배관 도중에 설치되는 각종 연결부속 부분에 대한 시공 상세가 미비하여 시공현장에서 임의적인 시공이 이루어지거나 누락시공이 일어나는 경우가 많이 있다. 특히 국내에서는 성형제품의 사용이 미미하므로 성형제품의 적용하는 방안도 고려되어야 한다. 이에 대한 시공상세는 7.3.4절의 그림을 참조하여 시공한다.

7.3.2 재료

기본적으로 배관위에 사용되는 보온재와 마감재가 냉온수 이음쇠, 밸브류 그리고 커플링 등에 동일하게 사용된다. 재료의 선택은 2, 3장에서 다루어진 여러 가지 설계 범주를 기본으로 하여야 한다.

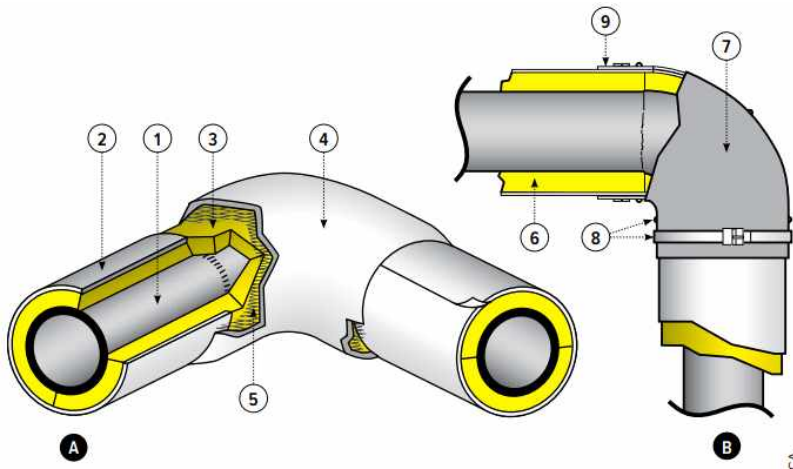
7.3.3 커버와 마감재

예시 마감재에 대한 내용은 규정하려는 것은 아니다. 선택은 온도, 노출 조건, 외관 등 요구조건에 따른다. 마감재는 다음 항목에서 보여 주는 것처럼 금속이나 PVC시스템의 조립용으로 미리 제작하거나, 메스틱이나 수증기 방지재, 직물소재와 망의 조합으로 현장에서 적용할 수 있다.

7.3.4 일반 적용

(1) 성형 엘보 단열

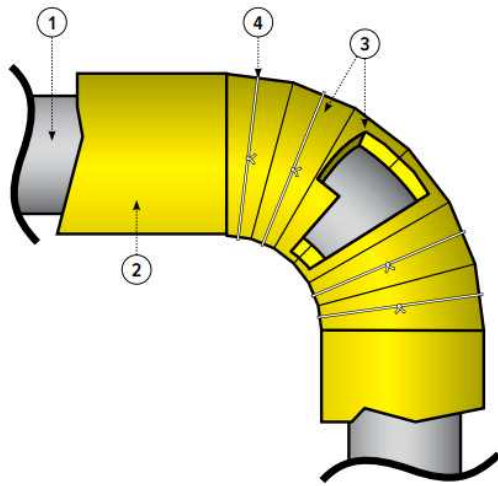
성형 엘보 단열재는 크기나 각도의 조건에 따라 단단한 재료로 만들어진다. 엘보는 성형 엘보를 보호하기 위하여 철선, 접착제, 밴드 또는 테이프 등을 이용한다.



- ① 파이프
- ② 단열재
- ③ 철선이나 테이프로 체결된 엘보 성형 단열재
- ④ 수증기억제 또는 옥외용 메스틱 층
- ⑤ 메스틱 코팅안쪽 보강 섬유 또는 메쉬 층
- ⑥ 보온재
- ⑦ 성형 금속 엘보 커버
- ⑧ 밴드
- ⑨ 배관 자켓 위 겹침 부분 엘보 커버

(2) 마이터 단열 엘보

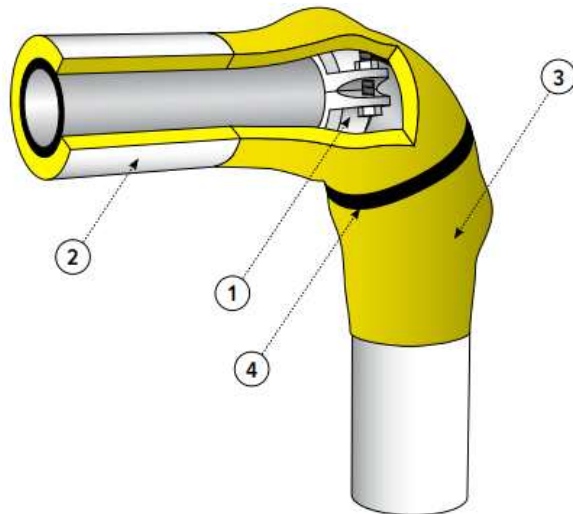
마이터 단열 엘보는 현장이나 공장에서 제작하여 조립하며 연귀 이음매에 기밀제로 밀봉하여 접합한다. 플렉시블 폼 단열재를 포함하여 배관 보온재가 어느 것이던지 마이터를 조립하여 사용한다.



- ① 파이프
- ② 단열재
- ③ 배관 보온의 마이터 마디(필요시 미리 제작된 마디 사이에 접착제 시공)
- ④ 철선, 밴드 또는 테이프

(3) 메커니컬 엘보 이음쇠 단열

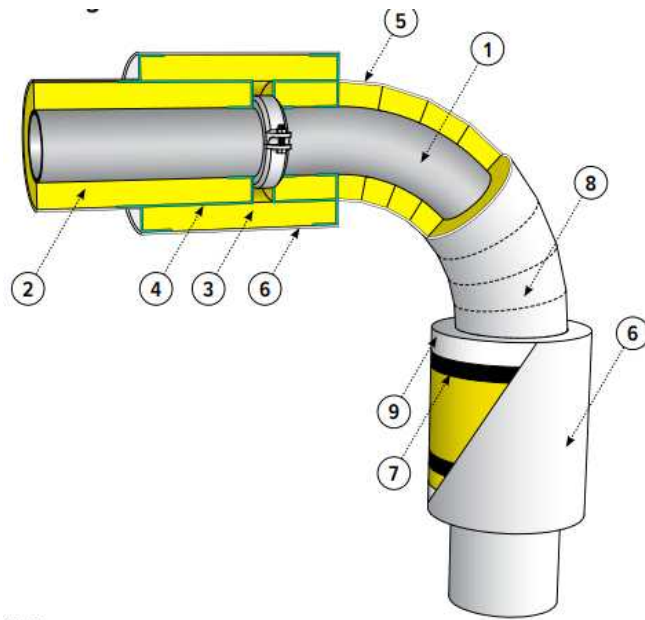
플렉시블 단열재로 메커니컬 이음쇠 주위를 감싼다.



- ① 메커니컬 이음쇠
- ② 단열재
- ③ 이음쇠 감싼 단열재
- ④ 철선, 밴드 또는 테이프

(4) 현장 조립 메커니컬 이음쇠

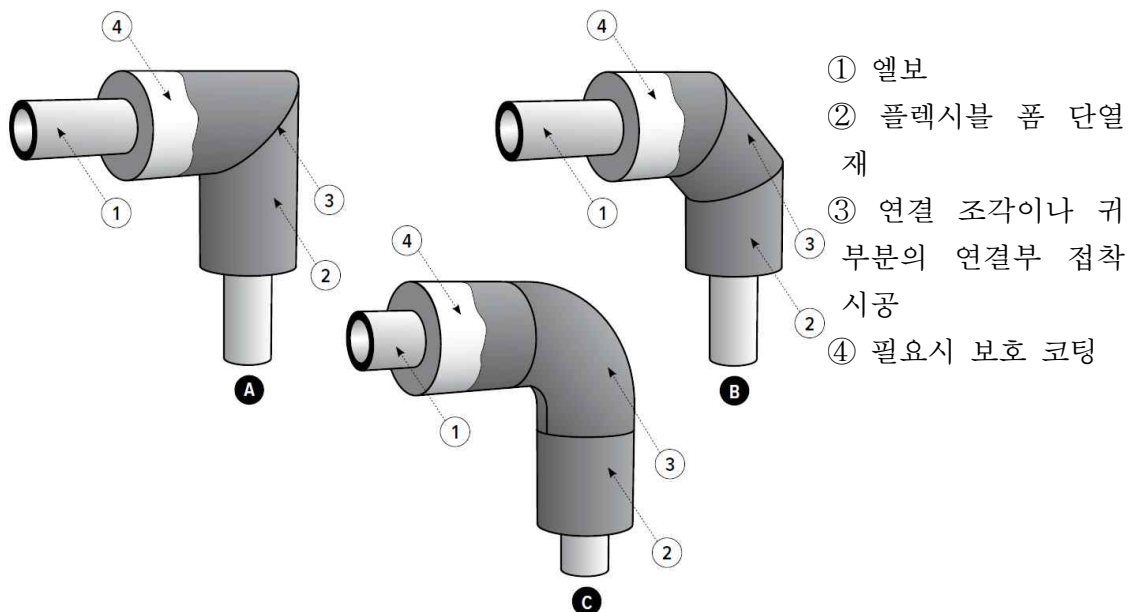
범용 규격의 시공에 적용한다 메커니컬 이음쇠의 90도, 45도와 티에 대한 단열재 시공
형상제품 단열재로 메커니컬 이음쇠 주위를 감싼다.



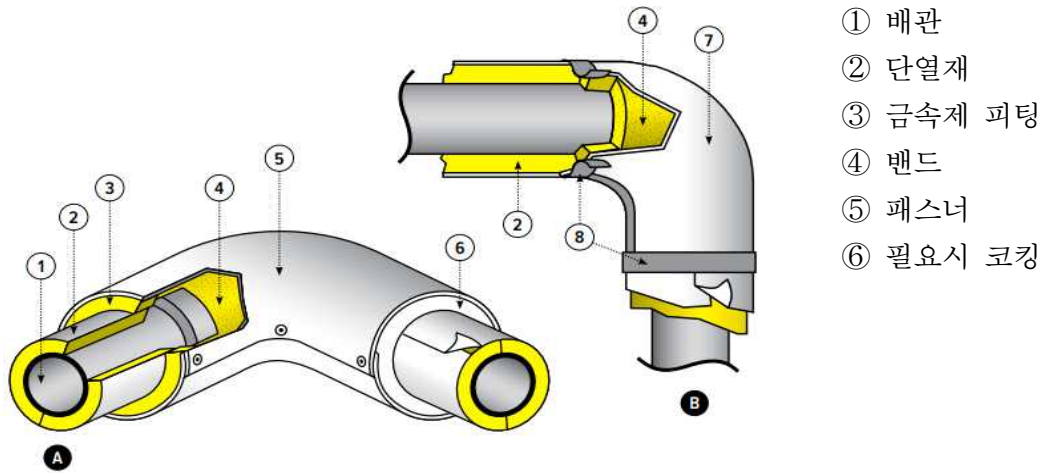
- ① 이음쇠 표면
- ② 단열재
- ③ 메커니컬 이음쇠와 같은 경우보온재 위에 끼워 넣기 위하여 큰 규격의 단열재 사용
- ④ 이음부에 수증기억제 메스틱
- ⑤ 자켓이 아닌 단열재 표면에 메스틱 마감
- ⑥ 필요 시 보호 자켓
- ⑦ 테이프 또는 밴드
- ⑧ 수증기 억제 자켓 또는 마감
- ⑨ 끝단 캡

(5) 90도 엘보 플렉시블 폼 단열

플렉시블 폼 단열재를 사용하는 경우 이음부속의 단열은 연결 조각이나 귀부분의 접촉면을 접착제로 기밀한다.



(6) 90도 엘보 공장제품 금속커버

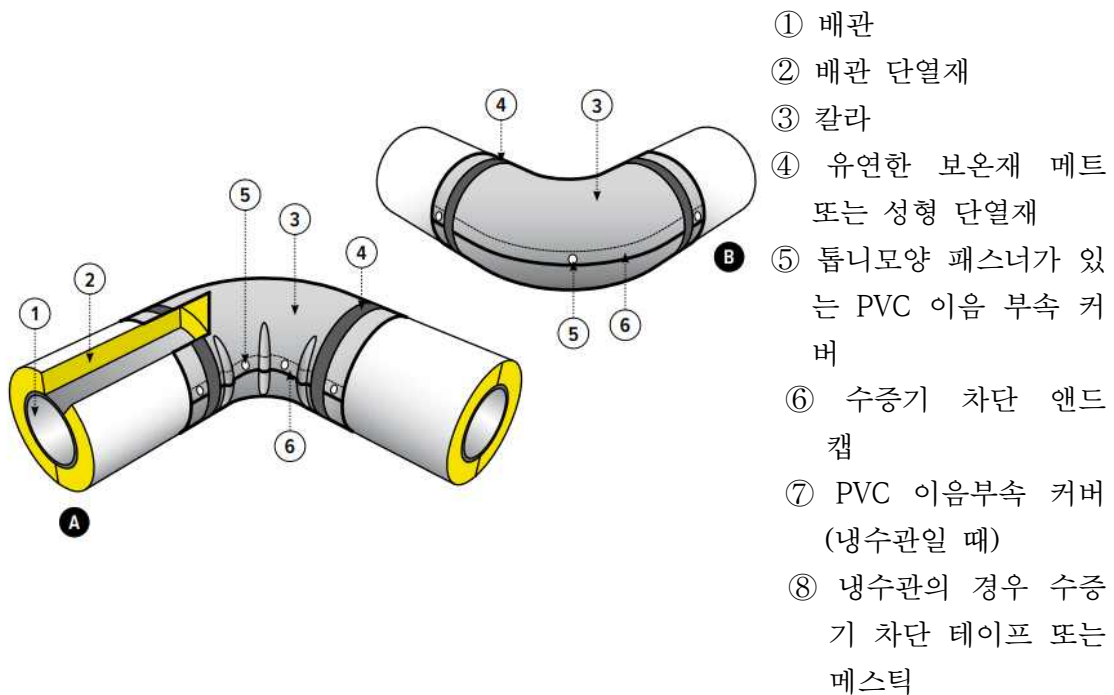


(7) 90도 엘보 PVC 커버

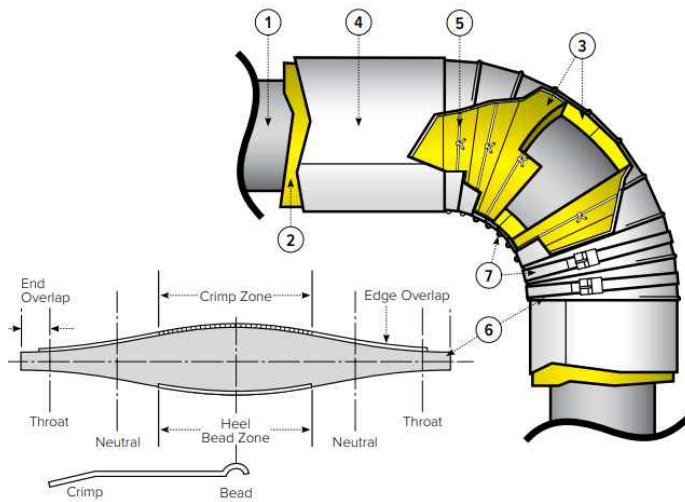
성형제작된 연결 이음 부속 PVC 커버 안에 유연한 단열재를 삽입한 것으로 단열재위를 PVC커버로 감싸는 시공 방법이다. PVC커버는 냉온수에 이용하며 사용 온도에 제한이 있다.

A : 온수관일 때, 배관보다 큰 경우

B : 배관보온과 같이 하는 경우, 냉수관인 경우



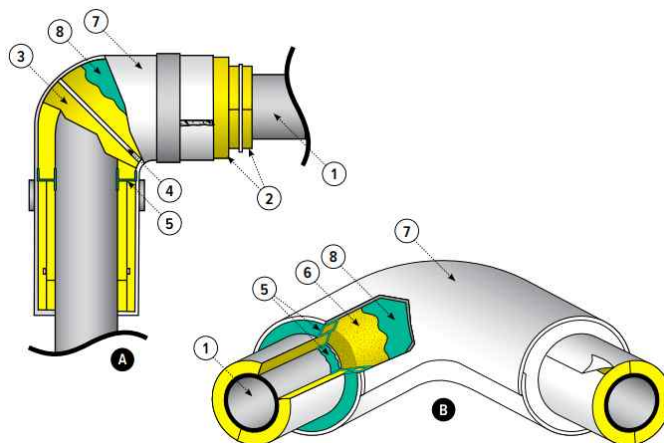
(8) 90도 엘보 금속 삼각 연결 커버



- ① 배관
- ② 단열재
- ③ 엘보 부위 단열재
- ④ 자켓
- ⑤ 결속선, 밴드 혹은 테이프
- ⑥ 금속삼각대
- ⑦ 메카니칼 패스너 또는 밴드

(9) 베이퍼 스톱(댐)

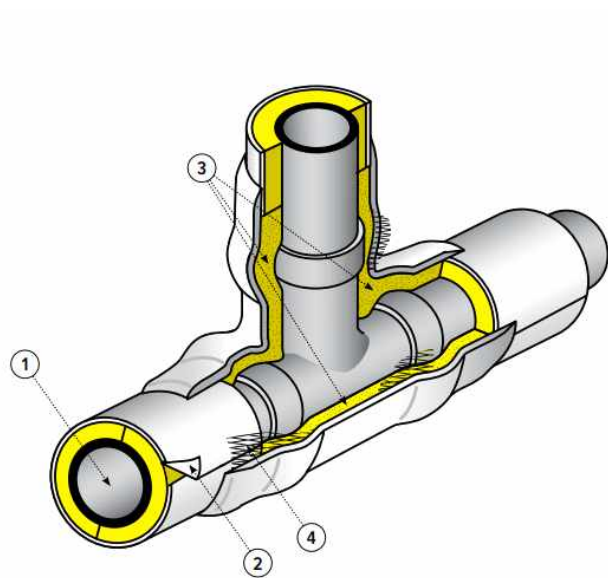
베이퍼 스톱은 물이나 증기 형태로 전달되는 것을 지체시키는 재료나 시스템이다. 베이퍼 스톱은 저온 시스템 특히 습한 환경에서 운전 되는 경우 필요하다.



- ① 배관
- ② 다접 단열재
- ③ 성형 엘보 또는 마이터 엘보
- ④ 밴드 또는 테이프
- ⑤ 수증기 차단 메스틱
- ⑥ 엘보 주위 삼입 단열재
- ⑦ 이음부속 커버
- ⑧ 수증기 차단 메스틱 또는 자켓

(10) 성형 또는 제작용 티 단열

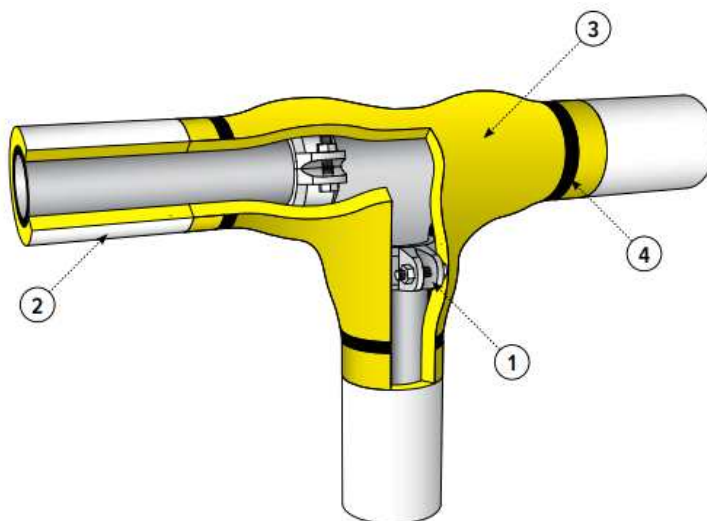
성형제 티 단열은 단단한 보온재료로 다양한 크기로 제작된다. 성형제 엘보 단열재의 경우나 티는 배관보다 큰 규격으로 하거나 이음이 잘되도록 한다.



- ① 파이프
- ② 단열재
- ③ 철선이나 접착제 또는 테이프로 고정한 두 조각의 성형티 보온재
- ④ 보강용 섬유

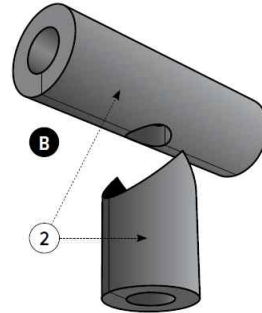
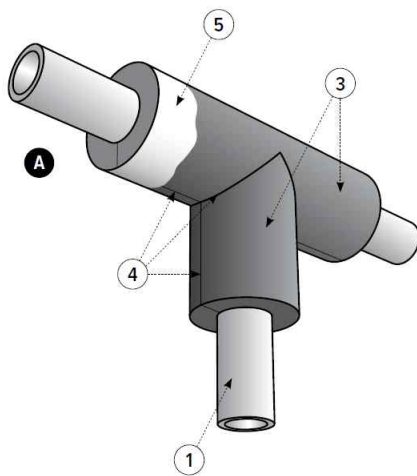
(11) 메커니컬 티 이음쇠 단열

플렉시블 단열재로 메커니컬 이음쇠 주위를 감싼다.



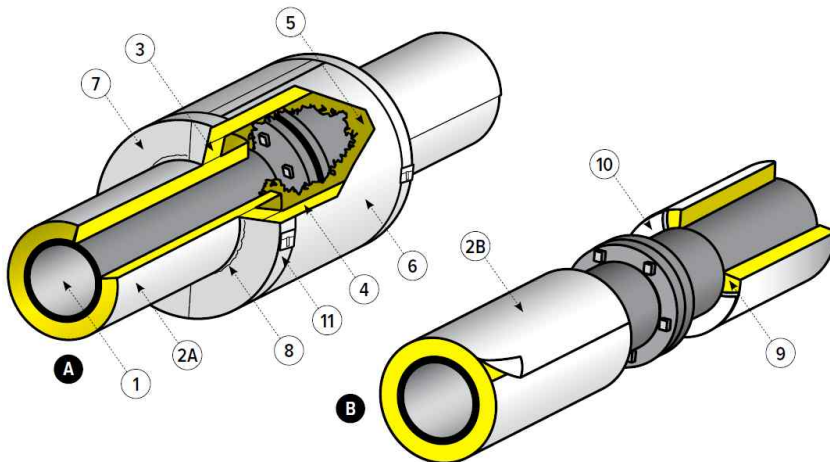
- ① 메커니컬 티 이음쇠
- ② 단열재
- ③ 이음쇠 감싼 단열재
- ④ 철선, 밴드 또는 테이프

(12) 티 플렉시블 폼 단열



- ① 티
- ② 플렉시블 폼 단열재
- ③ 연결 조각이나 귀부분의
연결부 접착 시공
- ④ 필요시 보호 코팅

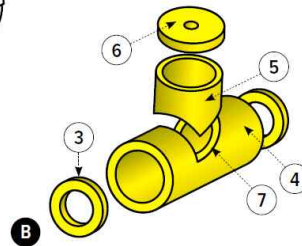
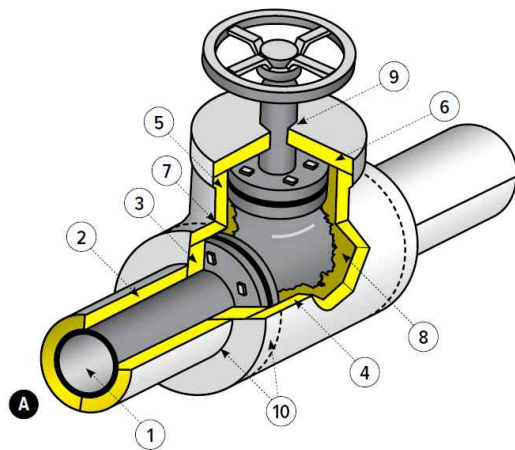
(16) 플랜지 단열



- ① 파이프
- ② 배관 단열재
- ③ 단열재 칼라
- ④ 플랜지 몸체 단열재
- ⑤ 플랜지 위 충진 단열재
- ⑥ 제작된 플랜지 커버
- ⑦ 끝단 캡
- ⑧ 코킹
- ⑨ 볼트부위 등 접속이 용이하도록 절단 또는 면취 부위
- ⑩ 플랜지 비보온인 경우 답부 마감 캡 또는 메스틱
- ⑪ 밴드

(17) 현장 또는 공장제작 밸브 단열

공장제작의 경우는 일반적인 크기나 형상을 가진 시공에 적용하며 단단한 블록과 성형제로 일반적인 형상을 이용한다. 조립은 현장에서 이루어지며 밸브 커버는 자켓 재료와 유사한 재료로 조립한다. 다른 마감재는 메스틱이나 시멘트, 보강 섬유 등을 포함한다.



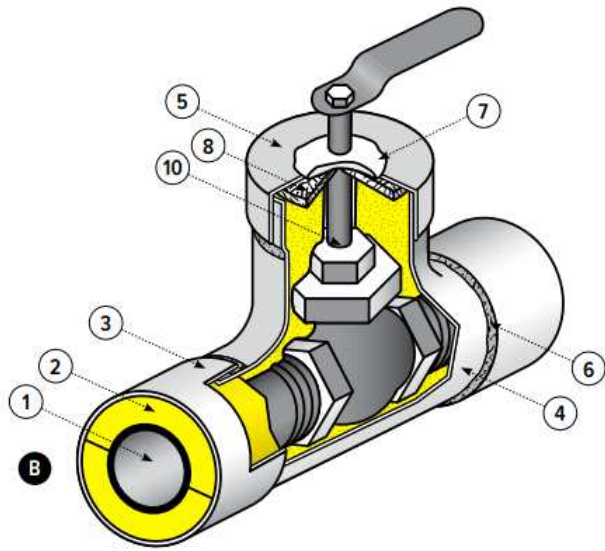
- ① 파이프
- ② 배관 단열재
- ③ 플랜지에 꼭 맞는 크기의 단단한 배관 단열재 칼라
- ④ 밸브 몸체 단열재
- ⑤ 밸브 상부 단열재
- ⑥ 밸브 스템을 올려낸 본넷 칼라용 단단한 단열재

- ⑦ 연결부 접착제
- ⑧ 단열재 충전(선택사항)
- ⑨ 수증기 차단 메스틱 또는 코킹(냉수 또는 결로 방생 조건인 경우)
- ⑩ 밸브 커버

(14) 비금속 자켓 밸브 단열

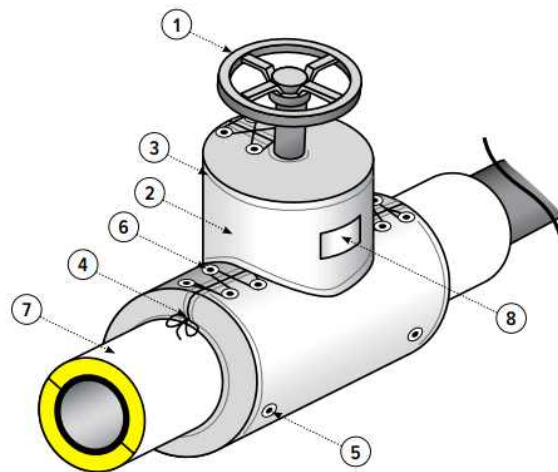
일반적으로 밸브 커버는 자켓용 재료로 공장 성형제작한 것이다. 그러나 어떤 경우에는 현장 조립이 요구되는 경우도 있다. 이때 중요한 것은 모든 이음부의 기밀 달성이 이루어져야 한다. 자켓이 밸브 스템같이 노출금속면 근처에 적용되는 경우 자켓을 보호하기 위한 특별한 주의가 있어야 한다.

- ① 파이프
- ② 배관 단열재
- ③ 자켓(25mm 겹침)
- ④ 성형제 커버
- ⑤ 캡
- ⑥ 연결부 접착제
- ⑦ 코킹
- ⑧ 단열 워셔
- ⑩ 밸브 스템

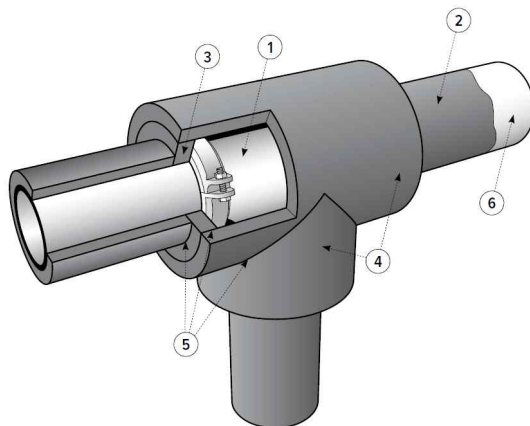


(15) 해체 및 재사용 밸브성형 커버

- ① 밸브
- ② 해체 가능 커버
- ③ 끼움링
- ④ 타이
- ⑤ 누빔핀
- ⑥ 결속부
- ⑦ 배관 단열재
- ⑧ 인식표

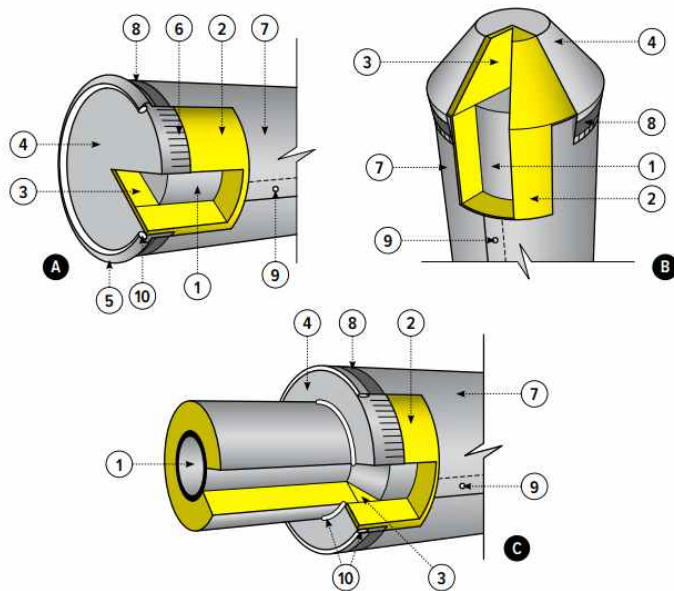


(16) 메카니칼 이음부속 플렉시블 폼 단열



- ① 메카니칼 이음
- ② 플렉시블 폼 단열재
- ③ 관과 이음부속 보온통 사이 폼 단열재
- ④ 보온통이나 폼 쉬트
- ⑤ 접속 부위 기밀 셸
- ⑥ 필요시 보호 코팅

(17) 금속제 말단 캡



- ① 배관
- ② 단열재
- ③ 배관 보온통 끝의 충전 단열재
- ④ 금속제 말단 캡
- ⑤ 비드 또는 매끈한 에지
- ⑥ 주름지거나 매끈한 에지
- ⑦ 금속 자켓
- ⑧ 금속 밴드
- ⑨ 필요시 메카니칼 패스너
- ⑩ 코킹

7.4 용기, 장비류

7.4.1 일반사항

각형이나 원형 또는 불규칙한 형상을 가진 용기나 장비류의 보온을 하는 경우에 적용한다.

7.4.2 용기, 장비류

기계설비 시스템의 용기나 장비는 다양하므로 형태에 따른 단열 방법에 대하여 소개한다. 여기에는 배관공사와 관련된 장비에 한하여 소개한다.

- 냉수 순환펌프
- 온수순환펌프
- 열교환기
- 급탕탱크
- 팽창탱크

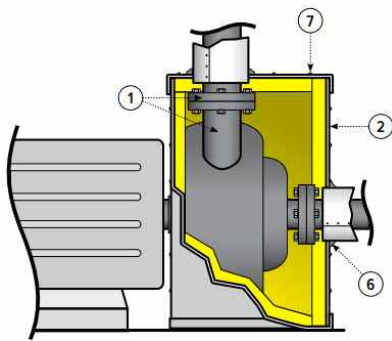
7.4.3 커버와 마감재

재료는 2장에서 설명한 내용을 참조한다.

옥외의 경우 금속 자켓이 가장 일반적인 마감이다. 다른 마감재의 경우 마감재 선택은 설치 기준에 따른 노출상태나 모양, 온도 조건 등에 적합하여야 한다.

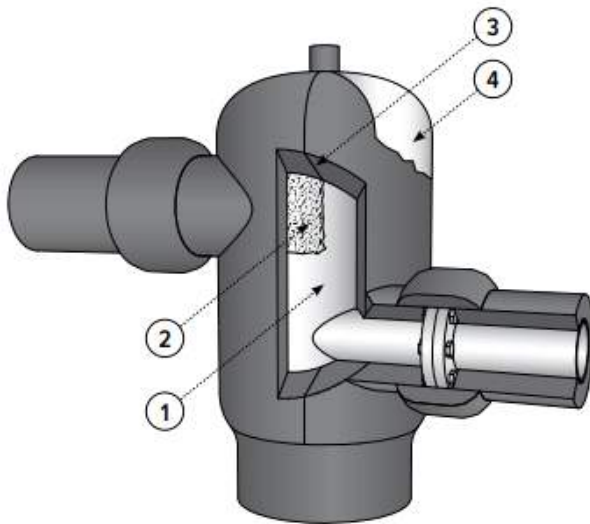
7.4.4 일반적용

(1) 성형 커버 단열



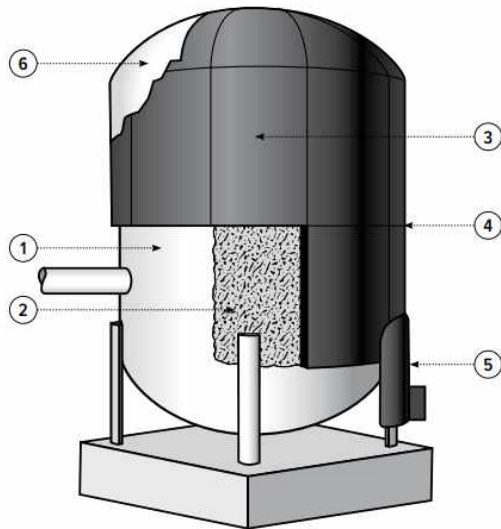
- ① 펌프 또는 장비
- ② 금속 자켓
- ③ 조립커버 단면
- ④ 슬립조인트 또는 랩 이음
- ⑤ 배관이나 축부분 절단 부
- ⑥ 필요 시 코킹
- ⑦ 리벳 또는 스크류

(2) 플렉시블 폼 슈트 탱크 단열



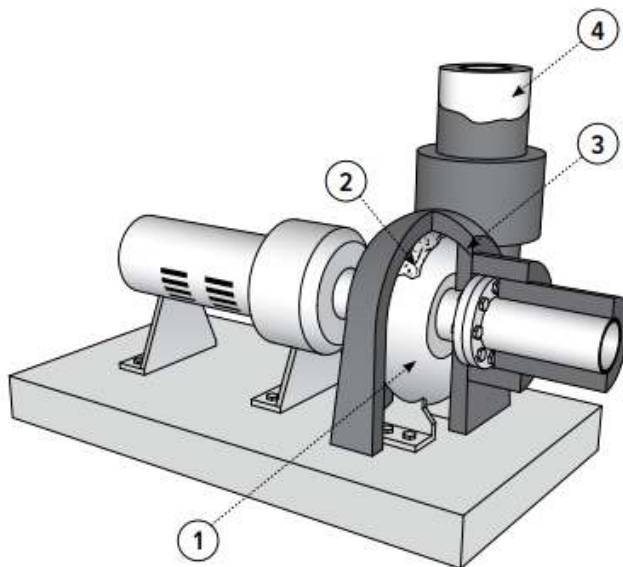
- ① 용기 표면
- ② 접착제 부착형 또는 용기 표면에 접착제 도포 후 폼 슈트 이음 부위의 두 표면에 접착제 도포
- ③ 플렉시블 폼 슈트
- ④ 압착이음, 접촉부 접착제 기밀
- ⑤ 용기 받침
- ⑥ 필요시 보호 마감

(3) 저온 장비 플렉시블 폼 단열



- ① 용기 표면
- ② 접착제 부착형 또는 용기 표면에 접착제 도포 후 폼 쉬트. 이음 부위의 두 표면에 접착제 도포
- ③ 플렉시블 폼 쉬트
이음부는 겹침 또는 사면으로 접착하여 기밀 시공
- ④ 필요시 보호 마감

(4) 저온수 펌프 플렉시블 폼 단열



- ① 용기 표면
- ② 접착제 부착형 또는 용기 표면에 접착제 도포 후 폼 쉬트. 이음 부위의 두 표면에 접착제 도포
- ③ 플렉시블 폼 쉬트
이음부는 겹침 또는 사면으로 접착하여 기밀 시공
- ④ 필요시 보호 마감

8장 유지관리

8.1 일반사항

적합하게 설계되고 설치된 보온시스템은 시간이 경과함에 따라 변형이나 유지관리 중 훼손으로 인하여 유지관리가 요구된다. 그리고 유지관리나 유지관리 검사가 필요할 때는 보수에 필요한 절차가 필요하다.

8.2 배관 표식

8.2.1 인식표

유지관리의 편리성을 위하여 인식표는 배관 내용에 대하여 기본적이고 명확하게 구분하는 것이다. 배관계통에서 관내 유체에 대하여 약어나 전체 이름을 문자인식표로 나타낸다. 화살표는 유체의 흐름방향을 나타낸다.

인식표에는 내용에 대하여 정확하게 나타내고, 온도, 압력 등과 위험에 대하여 구분하기 위하여 필요한 내용을 나타낸다.

인식표는 명확하게 유체의 종류 구분이 가능하고 유체의 상태를 나타내며 간단하여야 한다.

인식표는 밸브인근, 가지관, 방향이 바뀌는 곳, 배관이 벽이나 바닥을 통과하는 인근에 설치하고, 직선구간을 따라 구분이 용이하도록 일정 구간마다 부착하도록 한다.

인식표는 장기간 사용에도 변색 변질이 없는 재질을 사용한다.

예 : 압축공기 500 kPa, 증기 500 kPa, 저온수 공급관.

8.2.2 인식표 색상

배관 내 유체의 종류를 구분하기 위하여 종류별 색상을 사용한다.

위험요소 배관의 색상은 가연성, 폭발성, 화학반응, 초고온고압 등은 노란색을 사용한다.

8.2.3 가시성

배관의 표식은 잘 보여야 한다. 배관이 쉽게 보이는 곳 보다 높은 곳에 있다면 글씨는 수평중심선보다 아래에 배열한다.

8.3 기계설비의 보수 후 단열관리

준공 후 장시간이 지남에 따라 시공된 보온 상태는 변형을 일으키거나 이탈 등 훼손이 일어나는 경우가 발생할 수 있다. 또한 배관이나 장비 등의 보수작업이 진

행되어 보온 부분을 제거한 후 작업을 하는 경우가 있다. 이와 같이 훼손이나 기계설비 보수 후 재보온은 특별한 경우를 제외하고는 원래의 보온 시공방법과 동일하게 시행한다.

(1) 보온 손상이 있다는 것은 시스템이 정상적으로 보온되지 않았다는 것을 의미한다.

예를 들면 흘러넘치거나 누수가 일어나는 곳에는 물받이가 사용되어야 할 필요가 있다. 응축이 일어나는 곳은 더 두꺼운 두께가 필요하며, 큰 갈림이나 틈새가 일어나는 곳에는 신축이음이 있다는 것을 가리킬 수 있다.

(2) 당초 사용된 재료가 낡은 경우

많은 경우 재사용하거나 재적용할 수도 있으므로 설치된 보온재료를 제거할 때 주의를 필요로 한다. 밸브나 연결부속 등에 대한 커버는 조심스럽게 제거하여 재사용할 수 있다.

보수가 진행되는 동안 인접 보온재에 대한 손상을 방지하기 위하여 임시적인 보양이 필요하다.

(3) 배관 수리가 필요한 곳의 보온은 원래의 보온재를 제거하기 전 상태로 복구한다.

8.4 유지관리 검사와 방법

고온이나 저온 보온재에 대한 유지관리의 주요 사항은 신속하게 발견하여 열손실에 따른 비용이나 시스템의 궁극적인 손상을 피하기 위하여 재보온하는 것이다.

이러한 이유로 정기적인 검사를 다음과 같이 접근하여 수행한다.

(1) 보온재 미복구와 검사 위치 : 기계설비 시스템의 유지보수가 이루어진 후 보온재를 복구시키지 않거나 인접 보온재에 적절한 보호조치를 하지 않는 경우가 있다.

(2) 새거나 엇지름 : 새는 부분은 보수하여야 한다. 보온재를 제거하고 기준으로 재설치하여야 한다. 이와 같은 위치에서는 보호용 후레싱이나 비흡습 재료의 사용을 고려하여 설치한다.

(3) 내기후성이나 투습방지에 따른 재료의 훼손이나 수축으로 갈라진 부분 : 적합한 부분보수는 제조업체의 권장 사항에 맞게 내습내기후성재료인 매스틱을 이용한 보강 섬유재의 사용을 포함한다.

(4) 틈새나 기밀이 안된 연결부 : 틈새는 팽창이음에서 필요하여 나타난 것 일수 있다. 그렇다면 덧대는 것은 적합한 보수가 아닐 수도 있다. 틈새는 채워질 수 있으나 수축으로 인한 갈림부분과 같은 방법으로 보수한다.

(5) 고온 노출부분 : 서포트나 비보온 노즐이 단열재와 접촉하고 있는 경우와 같이 고온이 예상되는 부분에 보수가 필요한 경우가 가끔 있다. 수밀제는 벗겨지려

는 경향이 있다. 보수는 고온용 쉴재나 금속 후레싱으로 한다.

(6) 기계적 눌림부분 : 발판, 안장 혹은 단단한 보온재나 강한 보호재로 마감이 필요한 부분이다. 스테인리스나 도금강판이 알루미늄이나 충전재, 플라스틱보다 더 적합하다.

(7) 저온 표면 위 응축이나 결빙 : 저온용 보온재 표면 위의 수분은 아래와 같이 마감한다.

- 충분한 보온 두께
- 수증기 방지 시스템의 세부명세(일반적으로 표면 아래에 있는 보온재료의 악화를 나타낸다.)

(8) 코킹 결함 : 다음 사항에 대하여 재코킹이 필요

- 파이프 움직임이 일어나는 곳
- 시스템의 노화
- 과도한 기후 조건
- 시스템의 진동 발생
- 기타

저온부분의 보온 보수는 어려움이 있기 때문에 투습방지재의 훼손, 뜯어진 곳, 구멍난 부분에 대한 검사를 자주 시행하거나 시스템의 수명을 보호하기 위하여 신속한 보수할 것을 권장한다.

8.5 기타

유지관리 계약은 유지관리 서비스처럼 정기적인 검사를 위하여 보온계약자와 약정을 맺는 것이 좋다.

부 록

1. 배관의 열손실 : 나관 (W/m)

작용온도									
호칭 지름(mm)	100°	149°	204°	260°	316°	371°	427°	482°	538°
15	151	260	401	568	767	1004	1287	1622	2020
20	174	300	467	666	905	1191	1534	1944	2432
25	201	350	548	786	1072	1419	1837	2339	2937
32	235	411	648	936	1285	1711	2226	2846	3588
40	258	452	715	1037	1430	1909	2491	3194	4036
50	300	530	846	1234	1711	2296	3011	3875	4914
65	343	611	980	1436	2001	2696	3547	4579	5820
80	396	708	1143	1685	2359	3190	4210	5451	6943
100	478	861	1401	2079	2926	3977	5269	6843	8741
125	562	1019	1670	2492	3523	4806	6387	8315	10644
150	644	1177	1937	2903	4117	5631	7499	9779	12529
200	797	1469	2438	3673	5232	7178	9583	12519	16067
250	958	1778	2967	4488	6411	8817	11788	15423	19807
300	1108	2069	3466	5258	7526	10365	13884	18173	23355
350	1202	2250	3778	5737	8222	11336	15182	19894	25576
400	1352	2540	4277	6508	9337	12884	17279	22644	29134
450	1501	2831	4776	7277	10452	14432	19365	25403	32692
500	1650	3121	5275	8047	11567	15990	21461	28163	36249
600	1949	3701	6273	9586	13798	19086	25644	33672	43374

* 조건 : 수평관, 나관의 표면 방사율이 0.8인 SCH 40 파이프, 주위조건은 풍속 0.89 m/s 온도 21℃.

2. 배관단열 표면적 (M²/M)

Nom. Pipe Size (mm)	Nominal Insulation Thickness										
	Bare	25mm	40mm	50mm	65mm	75mm	90mm	100mm	115mm	130mm	140mm
15	0.067	0.228	0.320	0.396	0.527	0.609	0.685	0.768			
20	0.084	0.228	0.320	0.396	0.527	0.609	0.685	0.768			
25	0.105	0.280	0.359	0.445	0.530	0.609	0.688	0.768			
32	0.133	0.280	0.399	0.445	0.530	0.609	0.688	0.768			
40	0.152	0.320	0.399	0.530	0.609	0.688	0.768	0.856			
50	0.189	0.359	0.445	0.530	0.609	0.688	0.768	0.856			
65	0.229	0.399	0.527	0.609	0.688	0.768	0.856	0.938			
80	0.279	0.445	0.527	0.609	0.688	0.768	0.856	0.938	1.017		
90	0.319	0.527	0.609	0.688	0.768	0.856	0.938	1.017	1.118		
100	0.359	0.527	0.609	0.688	0.768	0.856	0.938	1.017	1.118		
115	0.399	0.609	0.688	0.768	0.856	0.938	1.017	1.118	1.118		
125	0.443	0.609	0.688	0.768	0.856	0.938	1.017	1.118	1.197	1.276	
150	0.528	0.688	0.768	0.856	0.938	1.017	1.118	1.197	1.273	1.355	
180	0.608		0.856	0.938	1.017	1.118	1.197	1.276	1.355	1.435	1.514
200	0.688		0.938	1.017	1.118	1.197	1.276	1.355	1.435	1.514	1.596
225	0.768		1.017	1.118	1.197	1.276	1.355	1.435	1.514	1.596	1.675
250	0.857		1.118	1.197	1.276	1.355	1.435	1.514	1.596	1.675	1.755
300	1.017		1.276	1.355	1.435	1.514	1.596	1.675	1.755	1.834	1.913
350	1.116		1.355	1.435	1.514	1.596	1.675	1.755	1.834	1.913	1.992
400	1.276		1.514	1.596	1.675	1.755	1.834	1.913	1.992	2.074	2.154
450	1.435		1.675	1.755	1.834	1.913	1.992	2.074	2.154	2.233	1.312
500	1.595		1.834	1.913	1.992	2.074	2.154	2.233	1.672	2.391	2.473

* 표면적은 제조업체에 따라 달라질 수 있다.

참고문헌

1. 설비공학편람 2판 기초편
2. ASHRAE HANDBOOK 2013 FUNDAMENTALS Chapter 23
3. National commercial & industrial insulation standards 8th: Midwest Insulation Contractors Association, Endorsed by NIA

[정책제안보고서]



제로에너지건축물 및 배관의 단열향상을 위한 정책제안보고서

2021. 12.



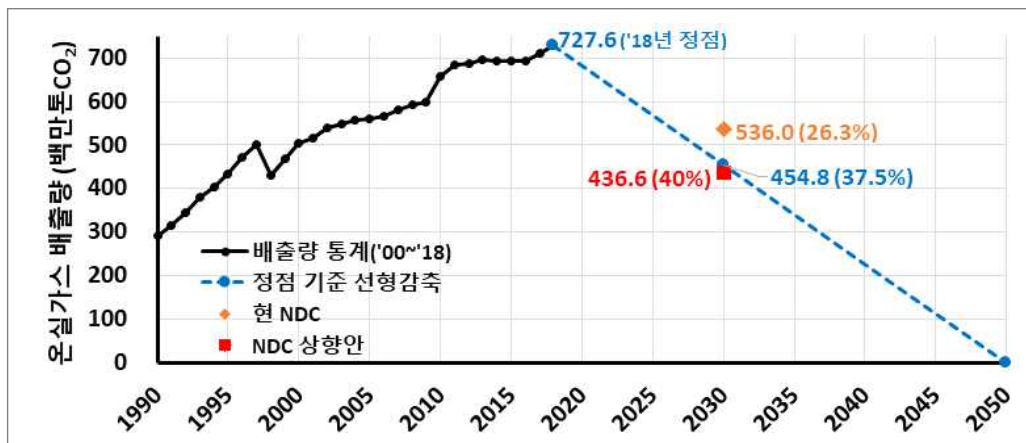
중앙대학교
친환경건축연구센터

목 차

1. 연구 개요	1
2. 국내 · 외 기계설비 배관 단열 관련 기준 조사	5
2.1 국내의 배관 단열 기준	5
2.2 선진국의 배관 단열 기준	8
2.3 국내외 기준 비교 결과	10
3. 외기 노출 배관의 겨울철 주위온도 측정	15
3.1 측정 대상 및 개요	15
3.2 측정 결과	16
4. 국내 겨울철 기후 분석을 통한 설계 외기온 산정	17
4.1 분석 개요	17
4.2 분석 결과	18
5. 외기 노출 배관의 단열 두께 기준 제안	22
6. 결 론	24

1. 연구 개요

- 제로에너지 건축물을 달성을 위해 국내에서는 2013년 녹색건축물 조성 지원법 시행 이후 제1차 기본계획(2014~2018)에 이어 2019년 제2차 기본계획(2020~2040)을 수립하고 제로에너지건축물 의무화 및 녹색건축물 시장 활성화 전략을 추진 중임.
- 최근 정부는 2021년 10월 '2030 국가온실가스 감축목표'를 기존 2018년 대비 35% 이상에서 40% 이상으로 상향 발표함에 따라, 건물부문에서 감축해야 하는 목표도 19.5%에서 32.8%로 대폭 상향됨.((그림 1), (표 1) 참조)¹⁾



(그림 1) 2030 NDC 상향안 (출처 : 관계부처합동, 2021)

(표 1) 부문별 감축 목표 (출처 : 관계부처합동, 2021)

(단위: 백만톤CO₂eq)

구분	부문	기준연도('18)	現 NDC	('18년 比 감축률)	NDC 상향안 ('18년 比 감축률)
배출	전환	269.6	192.7	(△28.5%)	149.9 (△44.4%)
	산업	260.5	243.8	(△6.4%)	222.6 (△14.5%)
	건물	52.1	41.9	(△19.5%)	35.0 (△32.8%)
	수송	98.1	70.6	(△28.1%)	61.0 (△37.8%)
	농축수산	24.7	19.4	(△21.6%)	18.0 (△27.1%)
	폐기물	17.1	11.0	(△35.6%)	9.1 (△46.8%)
	수소	-	-		7.6
	기타(탈루 등)	5.6	5.2		3.9

- 이를 위한 노력으로 정부는 2020년부터 1천㎡이상 공공건축물을 시작으로 2030년까지 건축물의 제로에너지 의무화를 단계적으로 추진해오고 있으며, 관련 건축물의 에너지절약기준도 단계적으로 상향되고 있음.²⁾
- 현재까지는 외피의 단열 및 기밀성능 향상을 중심으로 기준이 강화되어 왔으며, 실제 난방

1) 관계부처합동, 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안, 2021.10.18.

2) 국토교통부, 제2차 녹색건축물 기본계획, 2019.12.

에너지 사용량은 (그림 2)와 같이 30년 전 사용승인('85~'87년)된 주거건물 대비 최근('15~'17년) 사용승인된 건물을 비교한 결과, 아파트는 43%, 단독주택은 31% 저감된 것으로 나타남.³⁾



(그림 2) 아파트 및 단독주택 준공시기별 단위면적당 난방에너지사용량 비교

- '건축물의 에너지절약설계기준'은 2016년 7월부터 기존 대비 25% 이상 단열 기준이 강화되었으며, 2018년 9월부터는 패시브 건축물 수준으로 강화되었음.
- 그러나 현재 건축물 수준에서 2030년 제로에너지 목표 달성을 위해서는 기존의 외피 중심의 단열계획 외에 신재생에너지의 적극적 도입, 기계설비적 측면에서 기기의 효율 향상 및 건물의 배관을 통한 공급 손실 측면에서의 고려가 추가적으로 필요함.
- 신재생에너지와 같은 청정에너지 공급측면에서는 정부주도의 적극적인 장려 정책 추진으로 활발하게 연구되고 있으나, 건물에 공급된 에너지를 효율적으로 사용하기 위해 고려되어야 하는 기계설비적 측면에서는 아직까지 고려가 미미한 수준임.
- 특히 배관 및 덕트의 단열은 다음과 같은 연구결과에서 알 수 있듯이 냉난방시스템에서의 설비에너지효율을 향상시킬 수 있음.
 - Armacell 사 기술자료⁴⁾에 의하면, 배관의 단열재 성능을 향상시키는 것만으로도 단열재를 최적화 하지 않았을 경우와 최적화한 경우 에너지 비용과 탄소배출량을 50% 이상 저감할 수 있다고 함.(그림 3)
 - 박동식 외⁵⁾연구에 따르면 공동주택의 난방배관에서 손실되는 열량은 난방온수가 40℃ 일 경우 연간 6%가 손실되는 것으로 분석되었고, 난방온수의 온도가 5℃씩 높아 질 경우 손실열량 값이 1%씩 증가한다고 함.
 - Anti Hamburg 외⁶⁾ 연구에 따르면 에스토니아 지역의 오래된 아파트의 난방이 되지 않

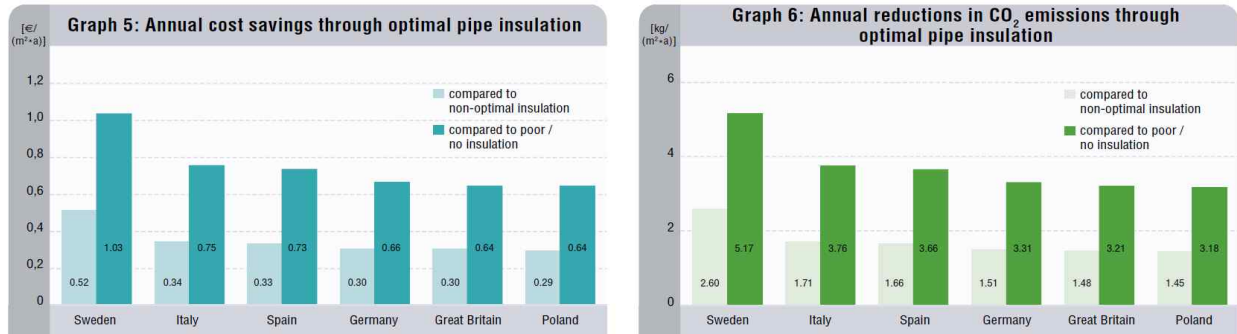
3) 국토교통부 보도자료, 단열기준 강화 등 녹색건축정책으로 에너지효율 높였다., 2019.05.29.

4) Energy saving potential through optimal pipe insulation(Technical Article), Armacell Company homepage, [http://www.armacell.de/wwwAttach.nsf/ansFiles/KeyTechPEnergySaving207EN.pdf/\\$File/KeyTechPEnergySaving207EN.pdf](http://www.armacell.de/wwwAttach.nsf/ansFiles/KeyTechPEnergySaving207EN.pdf/$File/KeyTechPEnergySaving207EN.pdf)

5) 박동식, 정광섭, 김영일, 정한교, 공동주택 단지 내의 난방배관에서의 열손실 변화에 관한 연구, 대한설비공학회 학술발표대회논문집, 2010.11, pp.97-102

6) Anti Hamburg, Targo Kalamees, The influence of heat loss from pipes in an unheated basement on the heating energy consumption of an entire typical apartment building, E3S Web of Conferences, Vol. 172, 2020.06.

는 지하실(13°C)에 설치된 배관의 열손실량은 배관에 단열을 하지 않은 경우 전체 전달 에너지의 최대 22%에서 단열을 하는 경우 최대 9%로 줄일 수 있다고 함.



(그림 3) 배관 단열 두께 최적화에 따른 비용 및 탄소배출 저감량 비교

- 미국 ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)에서는 건축물 에너지 절약 설계한 기준인 ASHRAE Standard 90.1 (Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings)의 2010년 개정 시 과거 대비 에너지 소비량을 30% 이상 줄이기 위해 배관 단열 두께를 대폭 향상시킴.⁷⁾⁸⁾
- ICC(International Code Council)의 국제 에너지 절약 기준(IECC, International Energy Conservation Code)에서도 2012년 ASHRAE 기준과 동일하게 상향 개정됨.⁹⁾
- 그러나 국내 건축물의 에너지 절약과 관련된 기준 중 '건축물 에너지 절약 설계기준', '에너지 절약형 친환경 주택 건설기준'에는 건축기계설비공사 표준시방서의 내용을 참조하라는 수준이며, 그 외 '녹색건축인증', '건축물 에너지효율등급 인증시스템', '제로에너지빌딩 인증기준' 등에서는 관련 내용이 명시되어 있지 않음.
- 또한 배관 및 덕트의 보온기준을 규정한 건축기계설비공사 표준시방서는 2002년 개정 이후 현재까지 약 18년간 동일한 기준이 적용되어 왔으며, 최근 2021년에서야 개정됨.
- 따라서 본 연구에서는 선진국 수준 이상의 제로에너지건축물을 위한 단열 정책 제안을 목적으로 국내외 배관 단열에 관한 기준을 비교하고 국내기준의 문제점을 도출하였으며, 이를 바탕으로 기존 건축공사표준시방서의 배관 단열 관련 기준에 대한 개정(안)을 제시함.

7) ASHRAE, ASHRAE Standard 90.1, 2010

8) 윤희원, 최승혁, 류형규, 건물의 배관 단열 두께 기준 개정에 관한 연구, 대한설비공학회 학술발표대회, 2015.11

9) International Code Council, 2012 International Energy Conservation Code, 2012

2. 국내 · 외 기계설비 배관 단열 관련 기준 조사

2.1. 국내의 배관 단열 기준

- 국내의 경우, 기계설비 배관에 대한 단열 규정은 「건축기계설비공사 표준시방서 보온공사 (KCS 31 20 05 : 2021)」(이하 표준시방서 기준)에 따르며, 이 기준은 기기, 덕트 및 배관류의 결로 방지, 동파방지, 보온 및 보랭 공사에 대한 내용을 포함함.
- 2002년 이후 단열두께에 대한 2011년 고무발포 보온재에 대한 내용이 추가되었을 뿐 단열 두께에 대한 변경사항이 없다가 2021년에 재개정되면서 일부 단열 두께가 상향됨. 또한 기준에는 단열 두께가 단열재 재료별로 제시되었던 것이 단열재의 열전도율 기준으로 변경됨.
- 해당 기준에서 배관의 보온두께에 관한 내용을 발췌하면 (표 2)와 같음.

(표 2) 건축기계설비공사 표준시방서 보온공사(KCS 31 20 05 : 2021)

KCS 31 20 05 : 2021 보온공사 (일부 발췌)
2.2 보온두께의 공통사항 (1) 보온두께는 보온재만의 두께를 말하며 외장재 및 보조재의 두께는 포함하지 않는다. (2) 결로 및 동파방지가 동시에 필요할 경우의 보온두께는 두 가지 중에서 큰 쪽의 시방을 적용한다. (3) 기기, 덕트 및 배관의 보온 두께는 2.3, 2.4, 2.5에 있는 조건과 시공 장소의 조건이 현저하게 다른 경우는 그 조건에 따라 KS F 2803에 따른다. (4) 보온과 보랭이 동시에 필요한 경우의 보온두께는 두 가지 중에서 두께가 큰 쪽의 시방을 적용한다. (5) 기타 재료의 보온, 보랭 두께는 공사시방서를 참조한다. (6) 단열재의 단열성능, 화재안전성능은 승인 요청일로부터 1년 이내에 발급된 국가공인시험기관의 시험성적서를 첨부한다. (7) 단열재는 사용 온도에 적합한 재료를 사용한다. 해당 단열재는 사용 온도에서 10년 이상의 장시간 사용 시에 형상, 강도 또는 물리적 특성이 변하지 않고 단열 성능이 유지되어야 한다. (8) 보랭의 경우, 보온재 표면 및 이음부 방습처리를 확실하게 하여 보온재 내로 습기 침투를 방지하여야 한다. (9) 표기된 보온 두께는 최소 기준이며, 현장 여건 또는 제품 생산에 따라 그 이상 두께의 사용은 가능하다. 보온 두께의 부분적인 허용 오차는 +3 mm, -2 mm로 한다. (10) 열전도율 0.030 W/m·K 이하의 보온재는 보온재 등급 “가” 항의 열전도율 0.034 W/m·K를 기준으로 해당 보온두께를 기준하여 열전도율에 비례한 보온두께를 사용할 수 있다. (11) 주위온도 30 ℃ 이하는 건물 내에 위치한 기기, 배관, 덕트 등에 적용하며 주위온도 30 ℃ 초과는 옥외에 설치된 기기, 배관, 덕트 등에 적용한다. 2.5 배관의 보온두께 (1) 급수관 및 배수관 등의 결로 방지를 위한 보온재 등급별 보온두께는 다음 표에 따른다.

① 일반적인 경우

(조건: 관내 수온 15 ℃ 이하, 주위온도 30 ℃ 이하, 상대습도 75% 미만)

표 2.5-1 급수관 등의 보온 두께 (일반)

보온재 등급	보온재 열전도율 범위 - W/m·K (KS L 9016에 의한 23±2℃ 시험조건에서 열전도율)	보온두께 (mm)	
		관 호칭지름 15~80	관 호칭지름 100 이상
가	0.030 초과 0.034 이하	20	35
나	0.035~0.040	25	40
다	0.041~0.046	30	45
라	0.047~0.051	35	50

② 다습한 장소의 경우

(조건: 관내 수온 15 ℃ 이하, 주위온도 30 ℃ 초과 또는 상대습도 75% 이상)

표 2.5-2 급수관 등의 보온 두께 (다습한 장소)

보온재 등급	보온재 열전도율 범위 - W/m·K (KS L 9016에 의한 23±2℃ 시험조건에서 열전도율)	보온두께 (mm)		
		관 호칭지름 15~25	관 호칭지름 32~300	관 호칭지름 350 이상
가	0.030 초과 0.034 이하	20	35	45
나	0.035~0.040	25	40	50
다	0.041~0.046	30	45	60
라	0.047~0.051	35	50	65

(2) 급탕관, 온수관, 증기관의 보온재 등급별 보온두께는 다음 표에 따른다.

① 일반적인 경우

가. 조건: 관내 수온 90 ℃ 이하, 주위온도 30 ℃ 이하

표 2.5-3 온수관 등의 보온 두께 (일반)

보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K (KS L 9016에 의한 23±2℃ 시험조건에서 열전도율)	보온두께 (mm)		
		관 호칭지름 15~40	관 호칭지름 50~125	관 호칭지름 150 이상
가	0.030 초과 0.034 이하	20	35	45
나	0.035~0.040	25	40	50
다	0.041~0.046	30	45	60
라	0.047~0.051	35	50	65

나. 조건: 관내 수온 91~120 ℃, 주위온도 30 ℃ 이하

표 2.5-4 온수관 등의 보온 두께 (중온)

보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K (KS L 9016에 의한 23±2℃ 시험조건에서 열전도율)	보온두께 (mm)		
		관 호칭지름 15~40	관 호칭지름 50~125	관 호칭지름 150 이상
가	0.030 초과 0.034 이하	35	45	70
나	0.035~0.040	40	50	80
다	0.041~0.046	45	60	90
라	0.047~0.051	50	65	100

② 고온의 경우

가. 조건: 관내 수온 121~220 ℃, 주위온도 30 ℃ 이하

표 2.5-5 고온수관 등의 보온 두께 (고온)

보온재 등급	관 호칭지름 (mm)	25 이하	32~65	80~300	300 초과
	보온두께(mm)	40	50	80	100
가 나 다 라	보온재 열전도율의 범위 - W/m·K	0.034 초과 0.034 이하 0.035~0.040 0.041~0.046 0.047~0.051			

■ 본 연구에서는 배관의 보온공사 중 열에너지 수송에 이용되는 급탕관, 온수관, 증기관에 대한 기준을 검토하였으며, 이에 대한 단열두께 기준은 (표 3)과 같이 관내 수온별 보온재 등급별 보온두께는 다음과 같음.

- 관내 수온을 일반(90℃ 이하), 중온(91~120℃), 고온(121~200℃)로 구분하고, 주위온도 30℃ 이하 조건에서 보온두께를 규정함.
- 단열두께는 보온재의 열전도율에 따라 '가~라' 4가지 등급에 따라 분류되어 있으며, 이때의 열전도율 기준은 배관의 사용 온도인 관내 수온에서의 열전도율이 아닌 KS L 9016에 의한 23±2℃ 시험조건에서 열전도율을 말함.

(표 3) 급탕관, 온수관, 증기관의 보온재 등급별 보온두께

관내수온 (℃)	주위온도 (℃)	보온재 등급	보온재 열전도율 (W/m·K)	관 호칭지름										
				15	25	32	40	50	65	80	125	150	300	300 초과
90 이하 (일반)	30 이하	가	0.030 초과 0.034 이하	20				35				45		
		나	0.035~0.040	25				40				50		
		다	0.041~0.046	30				45				60		
		라	0.047~0.051	35				50				65		
91~120 (중온)	30 이하	가	0.030 초과 0.034 이하	35				45				70		
		나	0.035~0.040	40				50				80		
		다	0.041~0.046	45				60				90		
		라	0.047~0.051	50				65				100		
121~220 (고온)	30 이하	가	0.030 초과 0.034 이하	40		50				80				100
		나	0.035~0.040											
		다	0.041~0.046											
		라	0.047~0.051											

※ 보온재의 열전도율은 KS L 9016에 의한 23±2℃ 시험조건에서 열전도율을 말함.

2.2. 선진국의 배관 단열 기준

2.2.1. 미국, ASHRAE Standard 90.1 : 2019

- ASHRAE Standard 90.1은 2007년 기준에서 2010년 기존 기준보다 건물 에너지 사용을 30% 줄이도록 개정 시 건물에너지 사용량 30% 저감 방안 중 하나로 배관과 덕트의 단열 두께 증가 항목이 포함. 2019년 최근 개정까지 2010년과 동일함.

(표 4) ASHRAE Standard 90.1 : 2019 배관 단열 두께 기준

Fluid Operating temperature Range(°C) and Usage	Insulation Conductivity		Nominal Pipe or Tube Size(mm)				
	Conductivity (W/m°C)	Mean Rating Temperature (°C)	≤25	25 to <40	40 to <100	100 to <200	≥200
			Insulation Thickness(mm)				
41~60°C	0.032~0.040	38	25.4	25.4	38.1	38.1	38.1
61~93°C	0.036~0.042	52	38.1	38.1	50.8	50.8	50.8
94~121°C	0.039~0.043	66	63.5	63.5	63.5	76.2	76.2
122~177°C	0.042~0.046	93	76.2	101.6	114.3	114.3	114.3
>177°C	0.046~0.049	121	114.3	127	127	127	127

2.2.2. 영국, British Standard 5422 : 2009

- 영국에서는 관경 크기에 따라 사용 온도별 단열재의 최소 두께와 최소 열손실량을 규정하고 있음.

(표 5) BS5422 : 2009 배관 단열 두께 기준

Outside Diameter of Steel Pipe on which Insulation Thickness has been Based (mm)	Temperature of the Content (°C)					
	75		100		125	
	Thickness of Insulation (mm)	Max Heat Loss (W/m)	Thickness of Insulation (mm)	Max Heat Loss (W/m)	Thickness of Insulation (mm)	Max Heat Loss (W/m)
17.2	20	8.90	20	13.34	20	17.92
21.3	30	9.28	30	13.56	25	18.32
26.9	30	10.06	40	13.83	40	18.70
33.7	40	11.07	50	14.39	50	19.02
42.4	40	12.30	50	15.66	60	19.25
48.3	40	12.94	50	16.67	60	20.17
60.3	40	14.45	50	18.25	70	21.96
76.1	50	16.35	60	20.42	70	24.21
88.9	50	17.91	60	22.09	70	25.99
114.3	50	20.77	60	25.31	80	29.32
139.7	50	23.71	70	28.23	80	32.47
168.3	50	26.89	70	31.61	100	36.04
219.1	50	32.54	70	37.66	100	42.16
273.0	50	38.83	70	43.72	100	48.48

2.2.3. 일본, 일본공업규격 JIS F 7008 : 2001

- 일본의 경우, 보온재의 두께는 글라스울을 사용하는 경우를 기준으로 제시되어 있으며, 그 외 보온재를 사용하는 경우 계산식에 의해 산출하여 사용하도록 하고 있음.

(표 6) 일본공업규격 JIS F 7008 : 2001 배관 단열 두께 기준

내부 유체 온도 (°C)	관경 (mm)								
	~10	10~20	20~50	50~80	80~100	100~150	150~200	200~250	250~300
~115	10						25		
115~185	10	20			25				
185~205	10	20	25		30			40	
205~250	10	25		40					
250~300	10	40		50					65

2.2.4. International Code Council(ICC), International Energy Conservation Code(IECC : 2021)

- 국제 에너지 절약 규격인 IECC는 3년에 한번씩 개정되고 있으며, 미국, 독일 등 많은 선진국서 이 기준을 인용하여 채택하고 있음.
- 기기, 덕트 및 배관류의 보온공사에 대한 내용은 'CHAPTER 4. COMMERCIAL ENERGY EFFICIENCY'의 'SECTION C403. BUILDING MECHANICAL SYSTEMS', 'SECTION C404. SERVICE WATER HEATING'에 제시되어 있음.
- 배관의 단열과 관련된 내용을 발췌하면 다음과 같은 내용을 포함하고 있음.
 - IECC 기준의 경우, ASHRAE 기준과 동일한 기준을 채택하고 있음.
 - (표 7)과 같이 배관에 흐르는 관내 수온에 따라 단열재의 열전도율 범위를 규정함.
 - 또한 사용하는 관내 수온을 고려하여 열전도율의 평균 시험온도 기준(Mean Rating Temperature)을 선정하고, 이 때의 열전도율을 만족하는 단열재를 채택하도록 함.

(표 7) IECC 2021 배관 단열 두께 기준

Fluid Operating Temperature Range and Usage(°C)	Insulation Conductivity		Nominal Pipe or Tube Size (mm)				
	Conductivity (W/M·K)	Mean Rating Temperature(°C)	< 25	25 to < 40	40 to < 100	100 to < 200	> 200
<4	0.029-0.037	10	12.7	25.4	25.4	25.4	38.1
4-15	0.030-0.039	24	12.7	12.7	25.4	25.4	25.4
40-60	0.030-0.040	38	25.4	25.4	38.1	38.1	38.1
61-93	0.036-0.042	52	38.1	38.1	50.8	50.8	50.8
94-121	0.039-0.043	66	63.5	63.5	63.5	76.2	76.2
122-177	0.042-0.046	93	76.2	101.6	114.3	114.3	114.3
>177	0.046-0.049	121	114.3	127	127	127	127

2.3. 국내외 기준 비교 결과

■ 최신 기준인 2021년 표준시방서 기준과 IECC 2021의 보온 두께를 비교함. 국내 기준과 IECC 기준은 주요한 3가지의 차이를 보임

(1) 보온 두께는 최소 2%에서 최대 65%까지 IECC 기준이 국내 기준에 비해 두꺼움.

(단, 관내수온 40~60℃, 91~120℃ 범위, 관경 150 이상의 경우 제외)

- 국내 표준시방서 기준의 경우 보온재의 열전도율을 "가"~"라" 4종류로 구분하고 각각의 두께 기준을 제시하였으나, IECC의 경우 관내 유체 온도대별로 사용 보온재의 열전도율을 1가지 구분으로 제시하고 있음.
- 따라서 기준 비교를 위해 표준시방서 기준의 열전도율 등급 중 IECC와 유사한 열전도율에 해당하는 두께만 비교하였으며, 비교결과는 (표 8)과 같음.

(표 8) 국내 및 IECC 기준 비교 결과

(단위 : mm)

관내 수온 (°C)	기준	단열재 열전도율		관 호칭지름												
		열전도율 (W/m·K)	평균시험 온도(°C)	15	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	300	<300
40 - 60	IECC	0.030-0.040	37.8	25.4	25.4	25.4	25.4	38.1	38.1	38.1	38.1	38.1	38.1	38.1	38.1	38.1
	국내	0.030-0.034 (가등급)	23±2	20	20	20	20	35	35	35	35	35	45	45	45	45
		0.035-0.040 (나등급)	23±2	25	25	25	25	40	40	40	40	40	50	50	50	50
		비교		-21%	-21%	-21%	-21%	-8%	-8%	-8%	-8%	-8%	18%	18%	18%	18%
				-2%	-2%	-2%	-2%	5%	5%	5%	5%	5%	31%	31%	31%	31%
61 - 90	IECC	0.036-0.042	52	38.1	38.1	38.1	38.1	50.8	50.8	50.8	50.8	50.8	50.8	50.8	50.8	50.8
	국내	0.030-0.034 (가등급)	23±2	20	20	20	20	35	35	35	35	35	45	45	45	45
		0.035-0.040 (나등급)	23±2	25	25	25	25	40	40	40	40	40	50	50	50	50
		비교		-48%	-48%	-48%	-48%	-31%	-31%	-31%	-31%	-31%	-11%	-11%	-11%	-11%
				-34%	-34%	-34%	-34%	-21%	-21%	-21%	-21%	-21%	-2%	-2%	-2%	-2%
91 - 120	IECC	0.039-0.043	66	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	76.2	76.2	76.2	76.2	76.2
	국내	0.035-0.040 (나등급)	23±2	40	40	40	40	50	50	50	50	50	80	80	80	80
		0.041-0.046 (다 등급)	23±2	45	45	45	45	60	60	60	60	60	90	90	90	90
		비교		-37%	-37%	-37%	-37%	-21%	-21%	-21%	-21%	-34%	5%	5%	5%	5%
				-29%	-29%	-29%	-29%	-6%	-6%	-6%	-6%	-21%	18%	18%	18%	18%
121 - 177	IECC	0.042-0.046	93	76.2	76.2	101.6	101.6	114.3	114.3	114.3	114.3	114.3	114.3	114.3	114.3	114.3
	국내	0.041-0.046 (다 등급)	23±2	40	40	50	50	50	50	80	80	80	80	80	80	100
		비교		-48%	-48%	-51%	-51%	-56%	-56%	-30%	-30%	-30%	-30%	-30%	-30%	-13%
177 - 220	IECC	0.046-0.049	121	114.3	114.3	127.0	127.0	127.0	127.0	127.0	127.0	127.0	127.0	127.0	127.0	127.0
	국내	0.047-0.051 (라 등급)	23±2	40	40	50	50	50	50	80	80	80	80	80	80	100
		비교		-65%	-65%	-61%	-61%	-61%	-61%	-37%	-37%	-37%	-37%	-37%	-37%	-21%

- 관내수온이 40~60℃ 범위에서는 IECC 기준에 비해 국내 기준은 사용 가능한 단열재가 가와 나등급 단열재로 세분화되어 있음. 관경이 150 미만일 경우에는 나등급 단열재 사용시 IECC 기준과 거의 유사한 두께를 나타냈으나, 가등급 단열재를 사용하면 단열두께가 8~20% 더 얇은 것으로 나타남. 관경이 150 이상일 경우 국내 기준이 IECC 기준보다 단열 두께가 18~31% 더 두꺼운 것으로 나타남.
- 관내수온이 61~90℃ 범위에서는 IECC 기준에 비해 국내 기준 두께가 최소 2%에서 최대 48% 얇은 것으로 나타남. 관경이 작을수록 두께 차이가 커짐.
- 관내수온이 91~120℃ 범위에서는 관경이 150 이하일 때 IECC 기준에 비해 국내 기준 두께가 최소 6%에서 최대 37% 얇은 것으로 나타남. 관경이 150 이상일 경우 국내 기준이 5~18% 더 두꺼운 것으로 나타남.
- 관내수온이 121~220℃ 범위에서는 IECC 기준에 비해 국내 기준 두께가 최소 13%에서 최대 65% 얇은 것으로 나타남. 관경이 작을수록 두께 차이가 커짐.
- 국내 기준을 IECC 수준 비교를 위해 제시된 열전도율에 따른 단열 두께값으로 열저항값을 역산한 후 단열 두께를 재산정하면 (표 9)와 같이 개선안을 제시할 수 있음.
- 선진국 수준의 국내 기준 개선안에서는 40~60℃ 온도범위가 추가되었으며, 그 외 온도 범위에서는 기존 대비 평균 39.4% 단열 두께가 증가됨.

(표 9) 선진국 수준의 국내 기준 개선안

(단위 : mm)

관내 수온(℃)	보온재 등급	보온재 열전도율 (W/m·K)	관 호칭지름										
			15	25	32	40	50	65	80	125	150	300	300초과
40-60	가	0.032	25	25	25	25	35	35	35	35	45	45	45
	나	0.038	30	30	30	30	40	40	40	40	50	50	50
	다	0.044	35	35	35	35	50	50	50	50	60	60	60
	라	0.049	35	35	35	35	55	55	55	55	65	65	65
61-90	가	0.032	30	30	30	30	40	40	40	40	45	45	45
	나	0.038	40	40	40	40	50	50	50	50	50	50	50
	다	0.044	45	45	45	45	60	60	60	60	60	60	60
	라	0.049	50	50	50	50	65	65	65	65	65	65	65
91~120	가	0.032	50	50	50	50	50	50	50	60	70	70	70
	나	0.038	60	60	60	60	60	60	60	70	80	80	80
	다	0.044	70	70	70	70	70	70	70	85	90	90	90
	라	0.049	75	75	75	75	75	75	75	70	100	100	100
121~200	가	0.032	55	55	75	75	85	85	85	85	85	85	85
	나	0.038	70	70	90	90	100	100	100	100	100	100	100
	다	0.044	80	80	100	100	115	115	115	115	115	115	115
	라	0.049	85	85	115	115	130	130	130	130	130	130	130

※ 배관단열두께 산정을 위한 보온재 열전도율은 등급별 기준의 중간값으로 함.

(2) 국내 기준에서는 단열재의 열전도율 기준을 제시하기 위한 시험온도 조건에 배관의 사용온도를 고려하지 않음.

- 열전도율은 온도가 올라갈수록 상승함. 동일 자재라도 (표 10)와 같이 시험온도가 올라갈수록 열전도율이 달라지기 때문에 단열재는 사용온도 범위에서의 열전도율을 기준으로 선정하는 것이 바람직함.
- 예를 들어, 24℃에서의 열전도율이 0.035인 보온판2호의 경우 관내수온 38℃에서는 “나” 등급 단열재이지만, 관내수온 93℃에서는 “다”등급에 해당하므로 “나”등급 기준이 아닌 “다”등급으로 적용해 단열 두께 또한 더 두꺼워져야 함.

(표 10) 시험온도별 미네랄울 열전도율 (출처 : KCC 카탈로그, 2020)

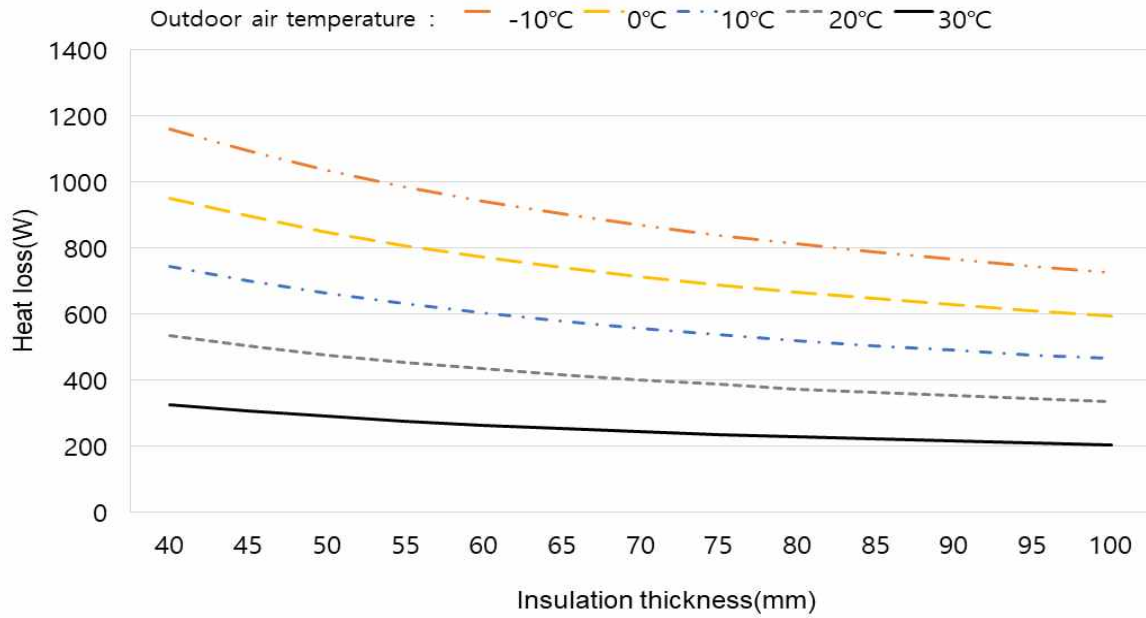
구분	밀도 (kg/m³)	열전도율(W/m·K)							
		24 °C	38 °C	93 °C	149 °C	204 °C	260 °C	316 °C	371 °C
보온판2호	120	0.035	0.036	0.045	0.054	0.064	0.073	0.085	0.098
블랭킷1호	100	0.035	0.037	0.047	0.059	0.071	0.087	0.104	0.124
블랭킷2호	120	0.035	0.036	0.047	0.059	0.067	0.080	0.094	0.111

- IECC의 경우 배관의 사용온도인 관내수온을 고려한 시험온도 기준을 제시하고 있음.
- 그러나 국내 기준의 경우 KS L 9016에 의한 23±2℃ 시험조건에서의 열전도율만을 채택하고 있음.

(3) 국내 기준의 경우 배관이 설치되는 위치에 대한 구체적인 내용이 포함되어 있지 않음.

- 국내 기준의 경우, 주위온도 30℃ 이하, 상대습도 75인 경우 배관의 설치 위치와 관계없이 동일한 기준을 적용하도록 하고 있음. 단, 이 주위온도 조건과 시공 장소의 조건이 현저하게 다른 경우는 그 조건에 따라 KS F 2803의 열전달 계산식에 의해 산출하도록 하고 있음.
- 국내의 경우 계절적인 외기온의 차이가 매우 크므로 배관이 지하주차장 등 외기에 노출되어 설치되는 경우 여름철에는 주위온도가 30℃와 유사할 수 있으나, 겨울철에는 영하로 떨어지는 경우도 발생함. 그러나 주위온도에 대한 기준에 계절적인 부분을 고려해야 하는지 모호하여 현재 대부분이 표준시방서에 제시된 주위온도가 30℃ 이하의 단열 두께 기준을 적용하고 있음.
- 외부에 노출된 배관(관내수온 50℃, 관경 100mm, STS)의 예를 들어 손실량을 예측한 결과 외기온도가 30 °C 조건일 때 보다 10 °C씩 떨어질 때마다 에너지 손실량은 40% 증가함.¹⁰⁾(그림 4 참조)

10) 유민상 외, 공동주택 겨울철 외기 노출 배관의 표면온도측정을 통한 열손실량, 대한설비공학회 2021 하계학술발표대회 논문집, 2021, pp.436-439



(그림 4) 외기 온도에 따른 단열재 두께별 에너지 손실량 예측(관내수온 50°C, 관경 100mm)

- IECC 기준의 경우, 덕트나 플레넘 단열에 대한 것으로 비공조공간에 설치되는 경우 R-6 ($RSI-1.057 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 이상의 단열 조치를 취해야 하며, 건물 외부에 설치되는 경우 Climate Zone에 따라 Zones 0~4는 R-8 ($RSI-1.409 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$), Zones 5~8은 R-12($RSI-2.113 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$) 이상의 단열 조치를 취하도록 하고 있음. 즉, 설치 위치에 따라 기준을 0.33~2배 상향된 기준을 제시하고 있음.
- 배관의 경우에도 이와 같이 에너지 손실을 낮추기 위해서 건물 외부에 설치되는 경우 제시된 두께 기준보다 상향되어야 할 것으로 판단됨.
- 우리나라는 대부분 Zone 4에 속하지만, 춘천, 철원, 대관령 등 북부지역의 경우 Zone 5~6에 속함.¹¹⁾ 따라서 R-8에서 R-12에 상응하는 단열 조치가 추가로 필요할 것으로 판단됨.

예) 일반조건 대비 IECC 기준은 R-8 적용시 8.2~29.4%, R-12 적용시 62.2~94.1% 상향
국내 기준은 R-8 적용시 32.1~28.8%, R-12 적용시 93.2~98.1% 상향되어야함.

11) ASHRAE, 2019, ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1

(표 11) 관경 100일 때, Climate Zone에 따른 단열 두께 비교

(단위 : mm)

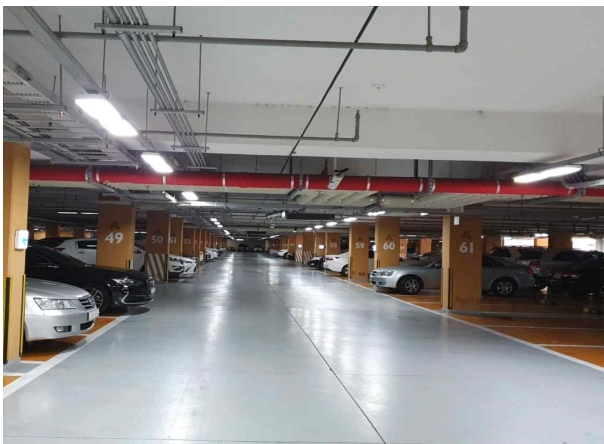
관내 수온(°C)	기준	단열두께 산정 열전도율 (W/m·K)	일반조건	Climate Zone 0~4 (R-8 적용시)		Climate Zone 5~8 (R-12 적용시)	
			단열두께	단열두께	증가율	단열두께	증가율
40-60	IECC	0.0350	38.1	49.3	29.4%	74.0	94.1%
	국내	0.0320	35	45.1	28.8%	67.6	93.2%
		0.0375	40	52.8	32.1%	79.2	98.1%
61-90	IECC	0.039	50.8	55.0	8.2%	82.4	62.2%
	국내	0.0320	35	45.1	28.8%	67.6	93.2%
		0.0375	40	52.8	32.1%	79.2	98.1%

※ 단열두께 산정 열전도율은 각 기준 범위의 중간값임

3. 외부 노출 배관의 겨울철 주위온도 측정

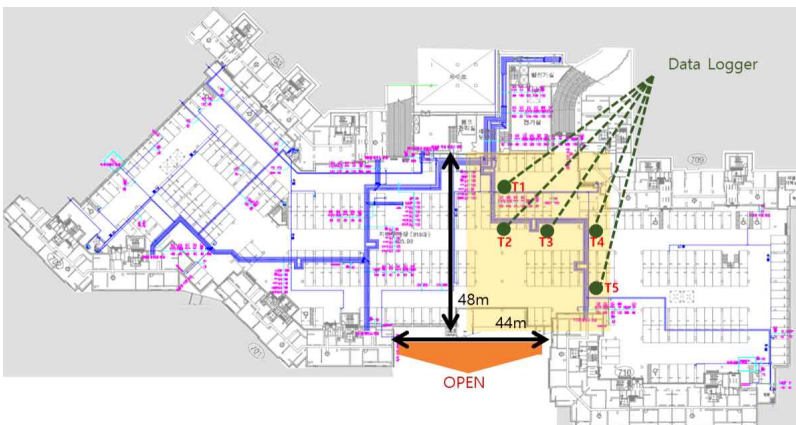
3.1. 측정 대상 및 개요

- 실제 겨울철 외기에 노출된 배관의 열손실량을 검토하기 위해 2014년에 준공된 서울 강남구에 위치한 아파트를 대상으로 배관 온도를 측정함.
- 지역난방을 이용한 중앙난방공급 방식으로 난방수는 기계실에서 지하주차장 천장에 수평으로 설치된 난방배관을 통해 각 주동으로 공급되며, (그림 5)와 같이 지하주차장은 별도의 단열조치가 없이 배관이 천장에 그대로 노출된 형태임.



(그림 5) 강남구 A 아파트 지하주차장 배관 설치 사진

- 측정대상 아파트의 경우, (그림 6)과 같이 경사지에 시공된 단지로 지하 1층 주차장의 일부가 외부에 개방된 형태로 외부 기온에 직접적인 영향을 받음. 지하주차장의 입구로부터의 깊이는 약 48m이며, 외부로 개방된 길이는 약 44m임.



(그림 6) 지하 1층 주차장 평면도

(표 12) 측정대상 개요

위치	서울시 강남구
측정기간	2020.12.01.~2021.1.31.
측정대상	배관 주변 기온
측정장비	Testo 174H
측정지점 수	5 지점(T1~T5)
측정간격	1시간

- (표 12)과 같이 지하주차장 천장에 설치된 난방 배관의 주변에 5대의 온도계(T1~T5)를 설치하고 2020년 12월 1일부터 2021년 1월 31일까지 겨울철 온도를 측정함.
- 온도계의 설치 위치는 주차장 입구에서 가장 가까워 외기에 직접적으로 영향을 받을 것으로 보이는 배관을 선정함.

3.2. 측정 결과

- 지하주차장에 설치된 배관온도를 측정한 결과, (표 13)와 같이 측정기간동안 각 측정지점의 평균 기온은 3.1℃(평균 외기온 1.5℃보다 1.6℃ 상향) 배관 주변 최저기온은 -8.1℃(외기온 -10.8℃)로 나타남.

(표 13) 측정 결과

구분	지하주차장 내부 측정결과						외기 측정결과	내외부 온도차
	T1	T2	T3	T4	T5	지점 평균		
측정데이터수	1488	1488	1488	1488	1488	-	1488	
평균기온(℃)	1.9	1.9	1.5	3.4	6.6	3.1	1.5	1.6
최저기온(℃)	-11.5	-12.0	-11.6	-5.7	0.1	-8.1	-10.8	2.7
최고기온(℃)	8.4	8.6	8.5	9.4	11.1	9.2	12.6	-3.4

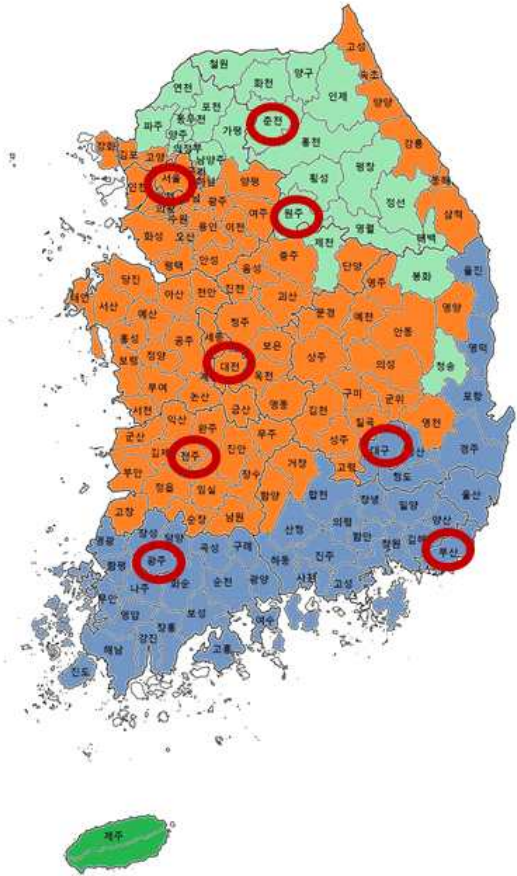
- 최고기온은 배관 주변이 9.2℃로 외기온 12.6℃보다 3.4℃ 낮게 나타남. 특히, 지하주차장 내부는 일부 외부에 개방된 부분을 제외하고 지반 아래 있어 외기온보다 온도변화폭이 작은 것으로 나타남.
- 그러나 가장 바깥쪽의 T5는 6.6℃, 안쪽 T1은 1.9℃로 바깥쪽 측정점일수록 평균 온도는 상승하였는데, 이는 바깥쪽일수록 낮시간 동안 일사 및 상대적으로 높은 온도의 외부 공기 유입으로 인해 안쪽보다 높은 것으로 판단됨.
- 따라서, 겨울철 지하주차장 배관온도 측정결과를 종합하면 배관온도는 3.1℃로 평균 외기온도와 거의 유사한 수준을 보이고 있음.
- 이 결과는 국내 표준시방서 기준에서 제시하는 주변온도 30℃ 이하 기준과 비교할 때 26.9℃의 차이가 발생하므로, 겨울철 외기에 노출된 배관의 경우 열손실량이 건물 내부의 파이프 샤프트 등에 설치되는 배관보다 증가할 수 있음.

4. 배관단열 기준 제안을 위한 기후데이터 분석

4.1. 분석 개요

- 외기 노출 배관의 겨울철 주위온도 측정 결과, 외기의 영향을 많이 받는 것으로 확인됨. 따라서 단열두께별 열손실량 산정을 위해 필요한 배관의 주변온도 기준을 설정하기 위해 겨울철 국내 외기온 데이터를 분석함.
- 분석에 활용된 데이터는 기상청의 최근 10년(2011년~2020년)간 겨울철(12월, 1월, 2월)의 시간별 온도 관측값이며, 총 9개의 지역을 대상으로 함.
- 분석 지역은 에너지절약설계기준의 지역구분을 인용하여 전국의 주요 도시 중 중부1지역은 원주, 춘천, 중부2지역은 서울, 대전, 전주, 남부지역은 광주, 대구, 부산, 제주지역은 제주를 선정함.(표 14 참고)
- 이 중 대부분의 지역이 Climate Zone 4a에 속하며, 춘천은 5a, 부산과 제주는 3a에 속함.

(표 14) 분석 지역 구분

구분	분석 지역	
중부1지역	① 원주(4a)	
	② 춘천(5a)	
중부2지역	③ 서울(4a)	
	④ 대전(4a)	
	⑤ 전주(4a)	
남부지역	⑥ 광주(4a)	
	⑦ 대구(4a)	
	⑧ 부산(3a)	
제주도	⑨ 제주(3a)	

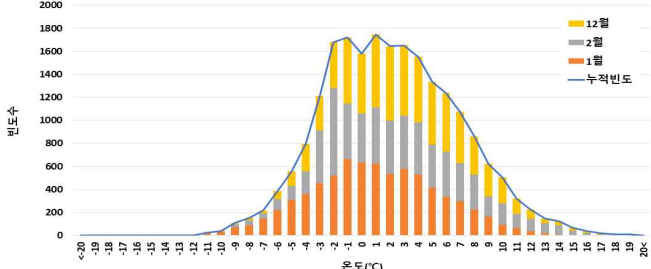
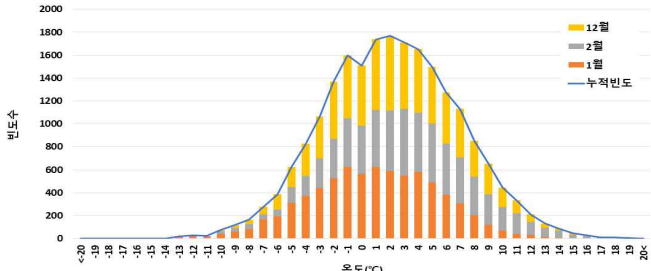
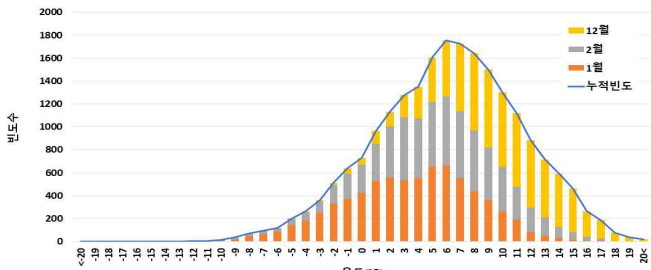
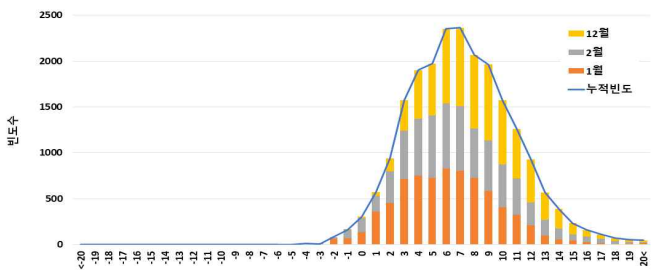
※ () : ASHRAE Standard 90.1의 Climate Zone 구분

4.2. 분석 결과

- 최근 10년(2011년~2020년)간 겨울철(12월, 1월, 2월)의 시간별 온도 관측값에 대한 지역별 겨울철 온도 분포 분석 결과는 (표 15)와 같음.

(표 15) 지역별 겨울철 온도 분포

구분		빈도수	분석내용	
중부1	춘천		평균기온(°C)	-2.8
			최고평균기온(°C)	12.8
			최저평균기온(°C)	-19.4
			상위5순위 범위	$-3 \leq t \leq 1$
			상위10순위 범위	$-6 \leq t \leq 3$
	원주		평균기온(°C)	-1.4
중부2	서울		평균기온(°C)	-0.9
			최고평균기온(°C)	13.8
			최저평균기온(°C)	-15.0
			상위5순위 범위	$-2 \leq t \leq 2$
			상위10순위 범위	$-5 \leq t \leq 4$
	대전		평균기온(°C)	0.2
			최고평균기온(°C)	15.6
			최저평균기온(°C)	-13.7
			상위5순위 범위	$-3 \leq t \leq 2$
			상위10순위 범위	$-4 \leq t \leq 5$
	전주		평균기온(°C)	1.3
			최고평균기온(°C)	17.3
			최저평균기온(°C)	-11.4
			상위5순위 범위	$-2 \leq t \leq 2$
			상위10순위 범위	$-3 \leq t \leq 6$

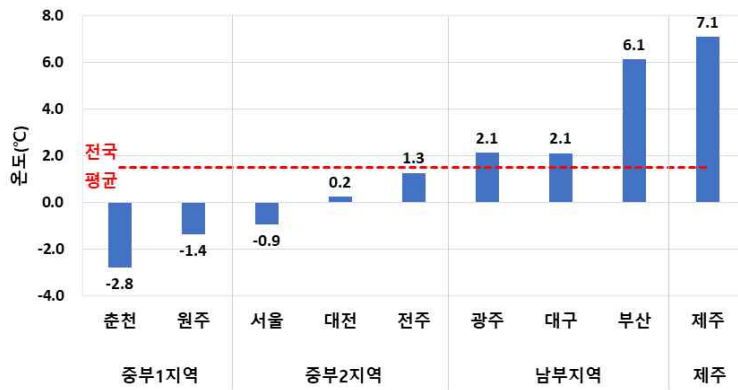
구분		빈도수	분석내용	
남부	광주		평균기온(°C)	2.1
			최고평균기온(°C)	16.8
			최저평균기온(°C)	-9.9
			상위5순위 범위	$-2 \leq t \leq 3$
			상위10순위 범위	$-3 \leq t \leq 6$
	대구		평균기온(°C)	2.1
			최고평균기온(°C)	16.6
			최저평균기온(°C)	-10.9
			상위5순위 범위	$-1 \leq t \leq 4$
			상위10순위 범위	$-2 \leq t \leq 6$
	부산		평균기온(°C)	6.1
			최고평균기온(°C)	19.3
			최저평균기온(°C)	-9.5
			상위5순위 범위	$5 \leq t \leq 9$
			상위10순위 범위	$2 \leq t \leq 11$
제주	제주		평균기온(°C)	7.1
			최고평균기온(°C)	20.1
			최저평균기온(°C)	-4.6
			상위5순위 범위	$5 \leq t \leq 9$
			상위10순위 범위	$2 \leq t \leq 11$

■ (표 16)와 같이 9개 지역 겨울철 평균온도는 1.5°C, 최고평균기온은 16.3°C, 최저평균기온은 -12.3°C로 나타남.

(표 16) 지역별 평균 기온

구분	춘천	원주	서울	대전	전주	광주	대구	부산	제주	평균
평균기온(°C)	-2.8	-1.4	-0.9	0.2	1.3	2.1	2.1	6.1	7.1	1.5
최고평균기온(°C)	12.8	14.0	13.8	15.6	17.3	16.8	16.6	19.3	20.1	16.3
최저평균기온(°C)	-19.4	-15.9	-15.0	-13.7	-11.4	-9.9	-10.9	-9.5	-4.6	-12.3

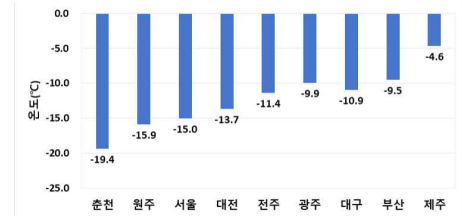
■ (그림 7)~(그림 9)와 같이 평균, 최저, 최고 기온이 남부지방으로 갈수록 높아지고 있음. 특히 부산과 제주지역의 경우 평균기온이 6~7°C로 타 지역에 비해 매우 높음.



(그림 8) 겨울철 평균기온

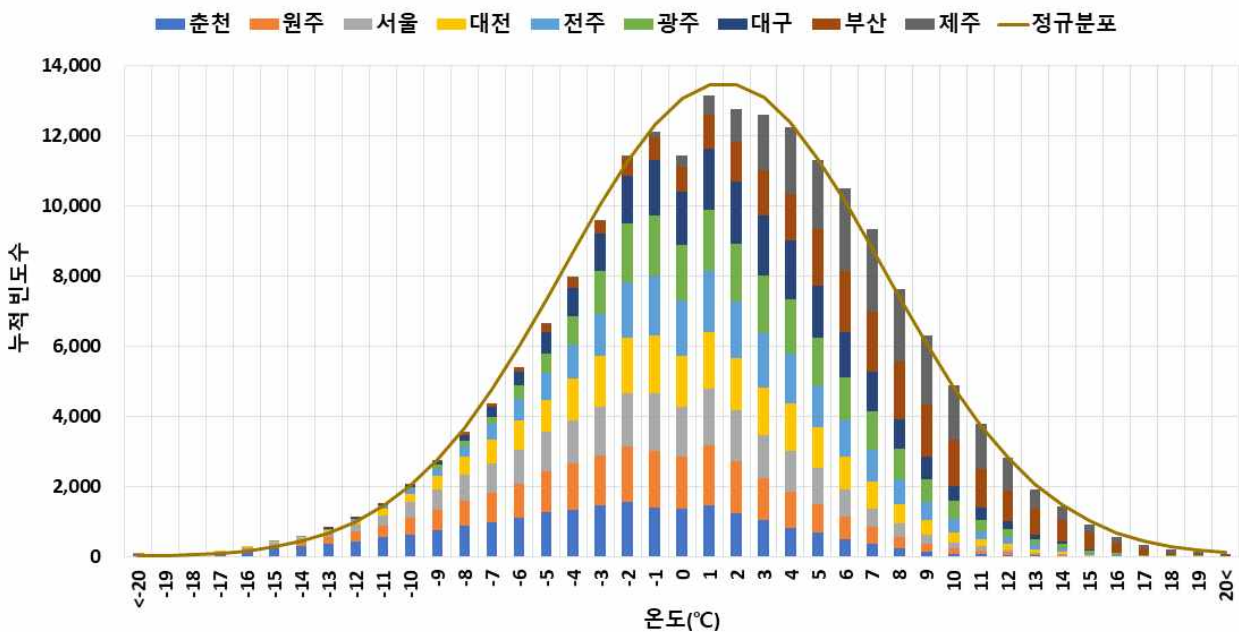


(그림 9) 겨울철 최고평균기온



(그림 10) 겨울철 최저평균기온

- (그림 10)은 최근 10년간 겨울철 온도 관측값의 출현빈도를 누적한 그래프로, (표 17)과 같이 평균 1.5°C, 표준편차 5.9를 갖는 정규분포를 보임.



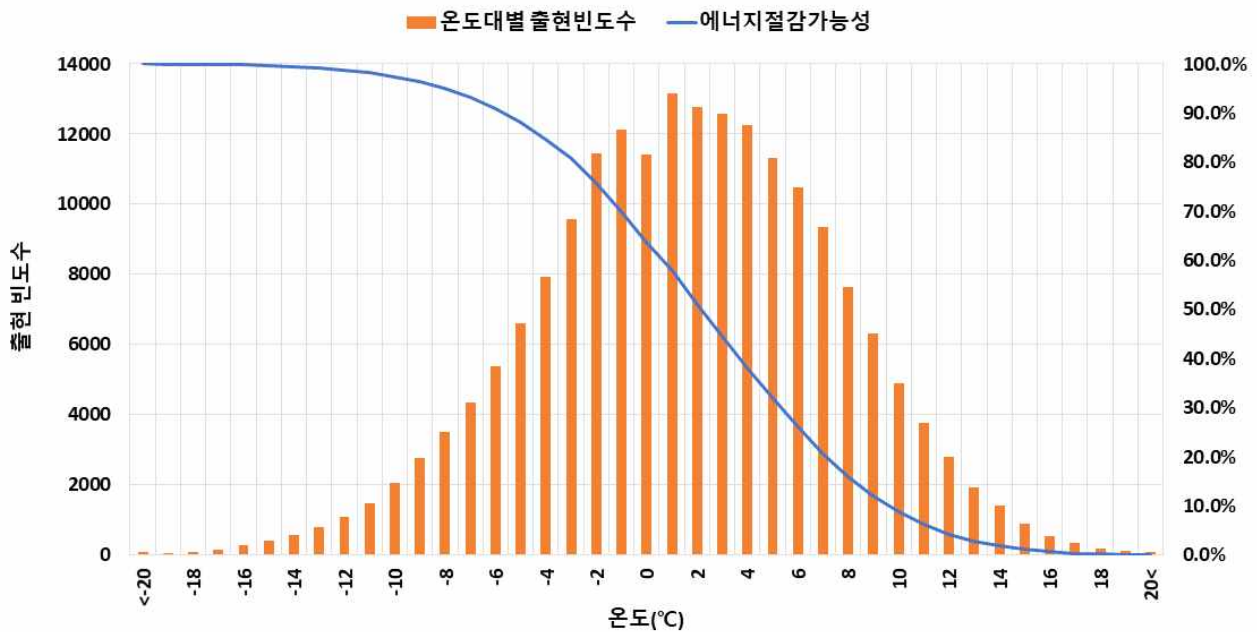
(그림 11) 전국 9개 지역 겨울철 온도 분포

(표 17) 전국 9개지역 평균값(°C)

구분	평균값	최고값	최저값	최다빈도값	표준편차
전국 9개 지역	1.5	23.1	-23.1	1.1	5.9

- 단열재 두께를 산정하기 위해서 특정 온도 T°C에서 단열 기준을 선정할 경우, T°C 이상의 온도범위에서 에너지절감 가능성 확보 비율은 그 온도 이하의 누적 출현비율과 같음.
- 따라서 에너지절감 가능성은 다음 (그림 11)과 같이 나타낼 수 있으며, (표 18)과 같이 에너

지 절감 가능성이 50% 수준의 온도는 약 2°C, 70% 수준은 약 -12°C, 30% 수준은 5°C로 나타남.



(그림 12) 에너지 절감 비율

(표 18) 온도출현 누적비율

온도(°C)	누적비율	온도(°C)	누적비율	온도(°C)	누적비율	온도(°C)	누적비율
<-20	100.0%	-9	96.4%	2	51.1%	13	2.8%
-19	100.0%	-8	94.9%	3	44.5%	14	1.8%
-18	99.9%	-7	93.1%	4	38.1%	15	1.1%
-17	99.9%	-6	90.9%	5	31.8%	16	0.6%
-16	99.8%	-5	88.1%	6	26.0%	17	0.4%
-15	99.7%	-4	84.7%	7	20.6%	18	0.2%
-14	99.5%	-3	80.7%	8	15.8%	19	0.1%
-13	99.2%	-2	75.8%	9	11.9%	20<	0.0%
-12	98.8%	-1	69.9%	10	8.7%		
-11	98.2%	0	63.7%	11	6.2%		
-10	97.4%	1	57.8%	12	4.3%		

■ 따라서, 단열설계를 위한 겨울철 외기 온도기준을 에너지 절감 가능성 30%~ 50% 수준에 해당하는 2~5°C로 선정하고, 각 온도대별 배관의 단열두께 및 경제성을 산정함.

- 30% 상향 수준 주변온도기준 : 5°C
- 50% 상향 수준 주변온도기준 : 2°C

(표 19) 배관경 100mm, 온수온도 50℃ 일 때, 보온재 두께별 주변온도에 따른 에너지 손실량
(단위 : W/m)

주변온도		보온재두께					
		40mm (KCS)	50mm	75mm	100mm	160mm	180mm
기준온도	30 ℃	7.3	6.3	4.9	4.2	3.2	3
외기온도	5 ℃	16.4	14.3	11.1	9.4	7.2	6.8
	2 ℃	17.5	15.2	11.8	10	7.7	7.3
두께증가에 따른 에너지절감율(%)		-	▲14%	▲33%	▲42%	▲56%	▲59%
가격 비교	단가(원/ m)	2,050	2,558	3,836	5,115	8,200	9,225
	증가율		▲125%	▲187%	▲250%	▲400%	▲450%

※ 조달청, 21년 하반기 시설자재 가격정보공개(건축,토목,기계,전기·통신분야), 단열재 가격 정보 인용
(평균단가 81.84(원/mm)로 추정)

- 배관경 100mm의 온수온도 50℃일 때, 제안된 단열 두께 기준인 50mm를 역산하면 R-8 과 유사한 값을 갖음.

$$RSI(m^2 \cdot K/W) = \text{두께 } 0.05 \text{ m} / \text{열전도율 } 0.035 \text{ W/m.K} = 1.42$$

$$R(\text{Btu} \times \text{in.}/(\text{h} \times \text{ft}^2 \times ^\circ\text{F})) = RSI / 0.1761 = 8.1$$

- 동일한 배관경 및 온수온도에서 기준 표준시방서 기준인 40mm를 적용하도록 하고 있는데, 산정된 50mm 두께값은 기존 대비 25% 상향된 기준임.
- 이러한 방식으로 계산 시, 기존 대비 10mm 정도 추가하였을 경우 비용이 기존 대비 약 20~30% 증가되나, 에너지 소비량이 10~20% 이내로 저감되는 결과를 보임.
- 따라서, 제로에너지건축물을 위한 외기 노출 배관의 단열 두께는 제시된 기준 값에 10mm를 추가하는 것이 적절할 것으로 판단됨.

6. 결 론

- 본 연구는 제로에너지건축물을 위한 단열 정책을 제안하기 위해, 국내외 기준과의 비교를 통해 선진국 수준의 상향된 기준을 제안하였으며, 배관의 설치 위치를 고려하여 외기에 노출된 배관의 단열 기준을 포함하는 표준시방서에 대한 개정(안)을 제시함.
- 개정(안)을 마련함에 있어 주요 고려 사항은 다음과 같음
 - 1) 국내 기준의 단열 두께를 주요 선진국에서 인용하고 있는 International Energy Conservation Code(IECC 2021) 기준 수준으로 상향함.
 - 2) 단열재의 열전도율은 시험온도 조건의 온도가 높아질수록 비례하여 높아짐. 따라서 배관의 사용온도 범위에서 시험한 단열재의 열전도율을 기준하도록 변경함.
 - 3) 건물의 외부 또는 지하주차장과 같이 외기에 배관이 직접적으로 노출되는 경우, 기존 기준에서 제시되는 단열 두께보다 상향된 기준을 적용해야함. 기존 두께에 약 10mm를 추가하였을 경우 에너지 소비량이 10~20% 저감하며, 비용이 약 20~30% 증가되는 수준임.
- 따라서, 건축기계설비공사 표준시방서에 대한 개정안을 다음 (표 20)과 같이 제안하였으며, 이를 통해 기존 대비 단열 두께는 평균 39.4% 이상 상향됨.
- 배관이 외기에 직접 노출되는 경우 추가적인 단열 향상을 통해 에너지 소비량을 10~20% 저감할 수 있을 것으로 사료되며, 추후 점진적인 단열 두께 향상을 통해 건축물의 제로에너지화에 기여할 수 있을 것으로 판단됨.

(표 20) 배관 단열 기준 정책 제안을 위한 기존 기준과 개정(안) 비교

배관 단열 기준 정책 제안을 위한 기존 기준과 개정(안)

현행기준 (KCS 31 20 05 : 2021 보온공사)	기준 개정 제안
(앞부분 생략)	(앞부분 생략)
2.2 보온두께의 공통사항	2.2 보온두께의 공통사항
(1) 보온두께는 보온재만의 두께를 말하며 외장재 및 보조재의 두께는 포함하지 않는다. (2) 결로 및 동파방지가 동시에 필요할 경우의 보온두께는 두 가지 중에서 큰 쪽의 시방을 적용한다. (3) 기기, 덕트 및 배관의 보온 두께는 2.3, 2.4, 2.5에 있는 조건과 시공 장소의 조건이 현저하게 다른 경우는 그 조건에 따라 KS F 2803에 따른다. (4) 보온과 보랭이 동시에 필요한 경우의 보온두께는 두 가지 중에서 두께가 큰 쪽의 시방을 적용한다. (5) 기타 재료의 보온, 보랭 두께는 공사시방서를 참조한다. (6) 단열재의 단열성능, 화재안전성능은 승인 요청일로부터 1년 이내에 발급된 국가공인시험기관의 시험성적서를 첨부한다. (7) 단열재는 사용 온도에 적합한 재료를 사용한다. 해당 단열재는 사용 온도에서 10년 이상의 장시간 사용 시에 형상, 강도 또는 물리적 특성이 변하지 않고 단열 성능이 유지되어야 한다. (8) 보랭의 경우, 보온재 표면 및 이음부 방습처리를 확실하게 하여 보온재 내로 습기 침투를 방지하여야 한다. (9) 표기된 보온 두께는 최소 기준이며, 현장 여건 또는 제품 생산에 따라 그 이상 두께의 사용은 가능하다. 보온 두께의 부분적인 허용 오차는 +3 mm, -2 mm로 한다. (10) 열전도율 0.030 W/m.K 이하의 보온재는 보온재 등급 “가” 항의 열전도율 0.034 W/m.K를 기준으로 해당 보온두께를 기준하여 열전도율에 비례한 보온두께를 사용할 수 있다. (11) 주위온도 30 ℃ 이하는 건물 내에 위치한 기기, 배관, 덕트 등에 적용하며 주위온도 30 ℃ 초과는 옥외에 설치된 기기, 배관, 덕트 등에 적용한다.	(1) 보온두께는 보온재만의 두께를 말하며 외장재 및 보조재의 두께는 포함하지 않는다. (2) 결로 및 동파방지가 동시에 필요할 경우의 보온두께는 두 가지 중에서 큰 쪽의 시방을 적용한다. (3) 기기, 덕트 및 배관의 보온 두께는 2.3, 2.4, 2.5에 있는 조건과 시공 장소의 조건이 현저하게 다른 경우는 그 조건에 따라 KS F 2803에 따른다. (4) 보온과 보랭이 동시에 필요한 경우의 보온두께는 두 가지 중에서 두께가 큰 쪽의 시방을 적용한다. (5) 기타 재료의 보온, 보랭 두께는 공사시방서를 참조한다. (6) 단열재의 단열성능, 화재안전성능은 승인 요청일로부터 1년 이내에 발급된 국가공인시험기관의 시험성적서를 첨부한다. (7) 단열재는 사용 온도에 적합한 재료를 사용한다. 해당 단열재는 사용 온도에서 10년 이상의 장시간 사용 시에 형상, 강도 또는 물리적 특성이 변하지 않고 단열 성능이 유지되어야 한다. (8) 보랭의 경우, 보온재 표면 및 이음부 방습처리를 확실하게 하여 보온재 내로 습기 침투를 방지하여야 한다. (9) 표기된 보온 두께는 최소 기준이며, 현장 여건 또는 제품 생산에 따라 그 이상 두께의 사용은 가능하다. 보온 두께의 부분적인 허용 오차는 +3 mm, -2 mm로 한다. (10) 열전도율 0.030 W/m.K 이하의 보온재는 보온재 등급 “가” 항의 열전도율 0.034 W/m.K를 기준으로 해당 보온두께를 기준하여 열전도율에 비례한 보온두께를 사용할 수 있다. (11) 주위온도 30 ℃ 이하는 건물 내에 위치한 기기, 배관, 덕트 등에 적용하며 주위온도 30 ℃ 초과는 옥외에 설치된 기기, 배관, 덕트 등에 적용한다.

현행기준 (KCS 31 20 05 : 2021 보온공사)					기준 개정 제(안)					
-					(12) 급탕관의 경우, 건물 외부에 배관이 설치되어 외기에 노출되거나 지하주차장 등 단열되지 않은 공간에서는 최소 10mm 이상인 단열재를 추가할 것을 권장한다.					
(중략)					(중략)					
2.5 배관의 보온두께					2.5 배관의 보온두께					
(중략)					(중략)					
(2) 급탕관, 온수관, 증기관의 보온재 등급별 보온두께는 다음 표에 따른다. ① 일반적인 경우					(2) 급탕관, 온수관, 증기관의 보온재 등급별 보온두께는 다음 표에 따른다. ① 일반적인 경우					
가. 조건: 관내 수온 90 °C 이하, 주위온도 30 °C 이하					가. 조건: 관내 수온 40~60 °C, 주위온도 30 °C 이하					
표 2.5-3 온수관 등의 보온 두께 (일반)					표 2.5-3 온수관 등의 보온 두께 (일반)					
보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m.K (KS L 9016에 의한 23±2°C 시험조건에서 열전도율)	보온두께(mm)			보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m.K	열전도율 시험온도 기준(°C)	보온두께(mm)		
		관 호칭지름 15~40	관 호칭지름 50~125	관 호칭지름 150 이상				관 호칭지름 15~40	관 호칭지름 50~125	관 호칭지름 150 이상
가	0.030 초과 0.034 이하	20	35	45	가	0.030 초과 0.034 이하	23±2	25	35	45
나	0.035~0.040	25	40	50	나	0.035~0.040		30	40	50
다	0.041~0.046	30	45	60	다	0.041~0.046		35	50	60
라	0.047~0.051	35	50	65	라	0.047~0.051		35	55	65

현행기준 (KCS 31 20 05 : 2021 보온공사)					기준 개정 제(안)																																																									
					나. 조건: 관내 수온 61~90 ℃, 주위온도 30 ℃ 이하																																																									
					표 2.5-3 온수관 등의 보온 두께 (일반)																																																									
					<table><tr><th rowspan="2">보온재 등급</th><th rowspan="2">보온재 열전도율의 범위 - W/m.K</th><th rowspan="2">열전도율 시험온도 기준(℃)</th><th colspan="3">보온두께(mm)</th></tr><tr><th>관 호칭지름 15~40</th><th>관 호칭지름 50~125</th><th>관 호칭지름 150 이상</th></tr><tr><td>가</td><td rowspan="4">0.030 초과 0.034 이하 0.035~0.040 0.041~0.046 0.047~0.051</td><td rowspan="4">50±2</td><td>30</td><td>40</td><td>45</td></tr><tr><td>나</td><td>40</td><td>50</td><td>50</td></tr><tr><td>다</td><td>45</td><td>60</td><td>60</td></tr><tr><td>라</td><td>50</td><td>65</td><td>65</td></tr></table>						보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m.K	열전도율 시험온도 기준(℃)	보온두께(mm)			관 호칭지름 15~40	관 호칭지름 50~125	관 호칭지름 150 이상	가	0.030 초과 0.034 이하 0.035~0.040 0.041~0.046 0.047~0.051	50±2	30	40	45	나	40	50	50	다	45	60	60	라	50	65	65																									
보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m.K	열전도율 시험온도 기준(℃)	보온두께(mm)																																																											
			관 호칭지름 15~40	관 호칭지름 50~125	관 호칭지름 150 이상																																																									
가	0.030 초과 0.034 이하 0.035~0.040 0.041~0.046 0.047~0.051	50±2	30	40	45																																																									
나			40	50	50																																																									
다			45	60	60																																																									
라			50	65	65																																																									
나. 조건: 관내 수온 91~120 ℃, 주위온도 30 ℃ 이하 표 2.5-4 온수관 등의 보온 두께 (중온)					다. 조건: 관내 수온 91~120 ℃, 주위온도 30 ℃ 이하 표 2.5-4 온수관 등의 보온 두께 (중온)																																																									
<table><tr><th rowspan="2">보온재 등급</th><th rowspan="2">보온재 열전도율의 범위 - W/m.K (KS L 9016에 의한 23±2℃ 시험조건에서 열전도율)</th><th colspan="3">보온두께(mm)</th></tr><tr><th>관 호칭지름 15~40</th><th>관 호칭지름 50~125</th><th>관 호칭지름 150 이상</th></tr><tr><td>가</td><td rowspan="4">0.030 초과 0.034 이하 0.035~0.040 0.041~0.046 0.047~0.051</td><td>35</td><td>45</td><td>70</td></tr><tr><td>나</td><td>40</td><td>50</td><td>80</td></tr><tr><td>다</td><td>45</td><td>60</td><td>90</td></tr><tr><td>라</td><td>50</td><td>65</td><td>100</td></tr></table>					보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m.K (KS L 9016에 의한 23±2℃ 시험조건에서 열전도율)	보온두께(mm)			관 호칭지름 15~40	관 호칭지름 50~125	관 호칭지름 150 이상	가	0.030 초과 0.034 이하 0.035~0.040 0.041~0.046 0.047~0.051	35	45	70	나	40	50	80	다	45	60	90	라	50	65	100	<table><tr><th rowspan="2">보온재 등급</th><th rowspan="2">보온재 열전도율의 범위 - W/m.K</th><th rowspan="2">열전도율 시험온도 기준(℃)</th><th colspan="3">보온두께(mm)</th></tr><tr><th>관 호칭지름 15~40</th><th>관 호칭지름 50~125</th><th>관 호칭지름 150 이상</th></tr><tr><td>가</td><td rowspan="4">0.030 초과 0.034 이하 0.035~0.040 0.041~0.046 0.047~0.051</td><td rowspan="4">65±2</td><td>50</td><td>60</td><td>70</td></tr><tr><td>나</td><td>60</td><td>70</td><td>80</td></tr><tr><td>다</td><td>70</td><td>85</td><td>90</td></tr><tr><td>라</td><td>75</td><td>85</td><td>100</td></tr></table>						보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m.K	열전도율 시험온도 기준(℃)	보온두께(mm)			관 호칭지름 15~40	관 호칭지름 50~125	관 호칭지름 150 이상	가	0.030 초과 0.034 이하 0.035~0.040 0.041~0.046 0.047~0.051	65±2	50	60	70	나	60	70	80	다	70	85	90	라	75	85	100
보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m.K (KS L 9016에 의한 23±2℃ 시험조건에서 열전도율)	보온두께(mm)																																																												
		관 호칭지름 15~40	관 호칭지름 50~125	관 호칭지름 150 이상																																																										
가	0.030 초과 0.034 이하 0.035~0.040 0.041~0.046 0.047~0.051	35	45	70																																																										
나		40	50	80																																																										
다		45	60	90																																																										
라		50	65	100																																																										
보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m.K	열전도율 시험온도 기준(℃)	보온두께(mm)																																																											
			관 호칭지름 15~40	관 호칭지름 50~125	관 호칭지름 150 이상																																																									
가	0.030 초과 0.034 이하 0.035~0.040 0.041~0.046 0.047~0.051	65±2	50	60	70																																																									
나			60	70	80																																																									
다			70	85	90																																																									
라			75	85	100																																																									

현행기준 (KCS 31 20 05 : 2021 보온공사)						기준 개정 제(안)					
② 고온의 경우 가. 조건: 관내 수온 121~220 ℃, 주위온도 30 ℃ 이하 표 2.5-5 고온수관 등의 보온 두께 (고온)						② 고온의 경우 가. 조건: 관내 수온 121~220 ℃, 주위온도 30 ℃ 이하 표 2.5-5 고온수관 등의 보온 두께 (고온)					
보온재 등급	관 호칭지름 (mm)	25 이하	32~65	80~300	300 초과	보온재 등급	보온재 열전도율의 범위 - W/m.K	열전도율 시험온도 기준(℃)	보온두께(mm)		
	보온두께(m m)	40	50	80	100				25이하	32~40	50 이상
가 나 다 라	보온재 열전도율의 범위 - W/m.K	0.034 초과 0.034 이하 0.035~0.040 0.041~0.046 0.047~0.051				가 나 다 라	0.030 초과 0.034 이하 0.035~0.040 0.041~0.046 0.047~0.051	93±2	55 70 80 85	75 90 100 115	85 100 115 130
(이하 생략)						(이하 생략)					