

대류 열전달에 대한 진동의 효과

陸軍士官學校 박 희 응

서 론

대류열전달에 대한 진동의 효과에 대해서는 근30년 이상 연구가 진행되어왔다. 이와같이 진동효과가 많은사람에게 흥미를 끄는 이유는 거의 모든 기계에서 진동은 불가피하게 일어나고 있기때문이다. 몇개의 예를 들어보기로하자. 보일러의 배관에서 feed pump가 공명(resonance) 작동상태가 되었을때 배관은 심한 진동을 받게 되며 이 진동으로 인하여 배관에서는 큰열손실을 초래하게 된다. 또 다른예로서는 액체추진제 로켓트의 저온액체 산화제(cryogenic oxidizer) 탱크및 배관은 엔진에 의하여 로켓트측 방향으로 큰 진동을 받게되며 이진동으로 인하여 저온 산화제의 온도와 증기압은 상승되고 대라서 기포가 발생할것이며 액체의 흐름은 액체-기체의 2상 흐름이 되어 흐름율은 변하게 된다. 이경우 열손실에서는 불규칙적인연소상태가 초래되어 로켓트의 기능은 제대로 수행 될수 없는 경우에 도달된다. 이외에도 열교환기를 포함하여 열전달이 일어나는 거의 모든 장치는 통상 심한 진동을 받게된다. 진동으로 인하여 장치의 열전달이 증가된다면 장치의 성능이 좋아지는 경우도 있겠지만 일반적으로 말해서 성능을 악화시키는 경우가 더 많다.

지난 30여년동 이분야에 대한 연구가 활발히 진행되어 현재 100여편의 논문이 세계적으로 출판되어 있다. 여기서는 많은 논문가운데 그 대표

적인 논문들을 참고 문헌란에 소개하고 또한 이분야에 대한 연구를 분류하며 많은 사람들의 연구결과를 검토 분석하므로써 이분야에 관심을 가지는 사람들이 장차 연구를 하는데에 적으나마 도움을 주고자 한다.

본 론

대류열전달에 대한 진동효과의 연구를 크게 분류하여 보면 다음과 같은 세분야로 나눌수 있다. 그림 1은 이 세경우를 도시한 것이다.

(1) 물체의 진동

그림 1 (a)에서 보인것과 같이 액체속에 잠겨 있는 물체가 진동하는 경우이다.

(2) 액체의 진동

그림1(b)와 같이 물체는 정지하여 있고 그 주위의 액체에진동을 가한 경우이다.

(3) 물체와 액체가 동시에 진동

액체와 그액체안에 잠겨있는 물체가 동시에 진동을 받고 있는 경우이다.

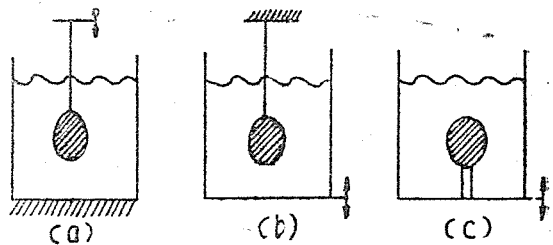


그림 1 진동과 관련된 열전달형태의 분류

위의 어느 경우이던 자연대류 또는 강제대류가 다같이 일어날 수 있고 비등이나 응결현상이 일어날 수가 있다. 이들을 종합하면 표1과 같이 연구분야에 관한 표를 작성할 수 있다. 표1에서 () 안의 숫자는 참고 문헌의 첫째숫자와 일치한다.

대류 열전달에 대한 진동효과를 연구하기 위하여 채택된 액체는 물이나 공기를 비롯하여 많은 종류의 액체가 사용되었으며 가열물체의 기하학적 형태는 원통, 구 (sphere), 평판, 관 (tube) 등이 사용되었는데 이 가운데 가장 널리 사용된 것

표 1 진동관과 관련된대류 열전달연구 분야의 분류

열전달의종류 경우	자연대류	강제대류	푸울비등	흐름비등	응결
(1)	[I]	[II]	[III]	-	[IV]
(2)	[V]	[VI]	[VII]	[VIII]	[IX]
(3)	[X]	-	-	-	-

이 수평으로 놓인 원통이었다. 그 이유는 열전된 측정이나 진동을 가해주는데 예수평으로 놓

인 원통이 대단히 편리 하였기 때문이라고 생각 된다.

참고 문헌들을 검토하여 보면 알게 되겠지만 많은 사람들의 연구 결과를 종합할 수 있는 단일이 이분야에 대하여 (년 이상이 지나도록 아직 모론이 정립되지 못하였음이 또한 이분야 연구의 특징이라 할 수 있다. 그러나 열전달과 진동이 동시에 일어나는 경우에는 독립 변수의 수가 너무 많아진다는 사실을 생각할때 이것은 결코 놀라운 사실만은 아니다 몇몇 사람들은 [V-4, V-5] 이 문제를 해석적으로 풀려고 시도 하였으나 크게 성공하지는 못하였고 Dougall등 [I-11]은 (1)의 경우를 해석적으로 취급하였으며 Nusselt 수는 개의 독립 parameter에 의존한다고 결론 지었다.

표2에는 자연대류에 대한 진동효과의 연구결과 가운데 몇가지를 요약하여 보았다. 표2에서 Reynolds 수는 진동속도의 RMS 값을 속도성분으로 하였다.

표2 자연대류에 대한 진동효과의 요약

경우	연구 발표자	액체	진동방향	Correlation	비고
(1)	Martinelli [I-1]	물	수직	$Re = \bar{Nu} \sqrt{12000 - 20} \frac{(Gr \cdot Pr)^2}{Nu^8}$	
(1)	Teleki [I-4]	공기	수직	$\bar{h}v$ vs U with (af) as a parameter	
(1)	Penney [I-8]	물 glycol	수평	$\bar{Nu}_s (RePr)^{0.8}$ with Gr a Pres parameter	
(1)	Lemlich [I-9]	물 glycerine	수평	$\frac{\bar{h}v}{h_0} = F \left[\frac{Re (a/d)^{0.4} pr^{0.6}}{(Gr \cdot pr)^{0.26}} \right]$	
(2)	Fand의 [V-1]	공기	Transverse Standing Sound wave	$\bar{Nu} = C (Gr Pr)^{-1/4} (Ma \cdot H)^n$	C·n Empirical Ma=Mach 수 H=Geometric factor
(2)	Lee의 [V-3]	공기	"	$\frac{Nu}{Gr^{1/4}} (1 + 1.61 \frac{Gr^{1/4}}{Re^2}) = 0.372 (H(Sm \theta)) Ai$	Ai=f와 ΔT에 의하여 정해짐
(3)	Pak의 [X-1]	물	수직	$\frac{Nu}{Nu_0} = 1 + 2.64 \frac{Re^{1.4} Pr^{0.6}}{Ra^{0.26} \Omega^{0.4}} + 4 \times 10^{-3} \frac{Ac^{0.46}}{Ra^{0.21} \Omega^{0.1}}$	Ra=Rayleigh 수 Ac=가속도인수 Ω=진동수인수

표 3 진동과 관련된 자연 대류열 전달에서 Parameter 간의관계

경우	Parameter 간의 관계
진동이없는자연대류	$Nu_0 = F_0(Gr, Pr) \dots \dots \dots$ 식(1)
(1)	$Nu = F_1(Gr, Pr, Re, \Omega)$ 식(2) $Nu = F_2(Gr, Pr, Re, a/d)$ 식(3)
(3)	$Nu = F(Gr, Pr, Re, \Omega, Ac)$ (4)

참고문헌 [X-1]에 따르면 자연대류의 경우에 차원해석을 한 결과 표 3과 같은 parameter 간의 관계를 얻을수 있다.

위표에서 Re는 이미 언급한 바와같이 진동속도의 RMS 값에 기초를 둔 Reynolds 수이고 Ω 및 Ac는 다음과같이 정의된다.

$$\Omega = \omega \frac{\omega}{\nu/d^2}$$

$$Ac = \frac{a_0 \omega^2 d^3}{\nu^2}$$

식(2)와 (3)에서는 Gr와 Pr외에 Nu를 좌우하는 Parameter는 Re와 Ω 또는 Re와 a/d라고 하

였는데 이것은 진동을 하므로서 생기는 두 변수인 진폭과 진동수로 인한것이며 Ω 대신에 a/d를 사용할수 있는 이유는 조화진동의 경우 $Re, \Omega = a/\sqrt{2}d$ 의 관계가 성립되기 때문이다. 또한 식 (2)와 (3)에는 식 (4)와 비교하여 Ac가 없는 이유는 경우 (3)에는 액체와 가열물체가 다 같이 진동하지만 이들의 진폭이 서로 다른 반면 경우 (1)에서는 액체가 정지상태에 있기 때문에 진동가속도로 인한 관성력을 전혀 갖지 않기 때문이다.

결 론

대류 열전달에 대한 진동효과에 관한 연구를 분류하고 이분류에 따라서 각분야 마다 몇개의 참고문헌을 소개하였으며 특별한 경우인 자연대류에 대하여 Parameter간의 관계를 살펴보았다 이미 언급한 바와 같이 이분야에 대한 해석적인결과를 현재 매우 빈곤한 상태이다 예를 들면 [I]과 같은 보다 간단한 경우에 대하여 수치적인 해석을 시도해 볼이 바람직한 일이라 하겠다.

韓國을 찾은 外國人科學者

Nobel 物理學賞 受賞者

에사끼 박사 · 그의 履歷書



韓國을 訪問한 Nobel 賞 受賞者로서는 7번째가 되는 日本出身 物理學者 「에사끼 레오나」 (江崎玲

於奈=49才)씨가 지난 21日 來韓하여 2泊 3日의 짧은 期間을 韓國에서 머물면서 바쁜 日程을 보내고 24日 離韓했다.

現在 日本 神戶(고오베) 工業株式會社에서 電子管材料에 關한일에 從事하고 있는 江崎박사는 元來 原子物理學 實驗分野를 志望했으나

第2次大戰直後の 美軍占領下의 日本에서는 이 方面의 研究가 抑制되기도 했고 粒子加速器와 같은 實驗施設의 使用이 不可能했기 때문에 不得已 固體物理學分野를 전공하게 되어 Nobel 賞을 받게된것이라고 한다.

1男 2女の 家長인 江崎박사의 經歷 및 受賞은 다음과 같다.

- 1925年 3月 12日 日本 大阪胎生.
- 1947年 東京大學 物理學科卒業.
- 1973年 Nobel 物理學賞 受賞.