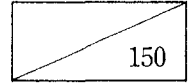


629.13435
73735
V.2

제 2 차년도
최종보고서

N93710



GOVP 19602357

항공기 엔진/부품의 CAD/CAM 및 성능 시험 기술 개발(II)

Development of CAD/CAM and Performance Evaluation
Techniques for Aircraft Engine/Component(II)

연 구 기 관
항 공 우 주 연 구 소

과 학 기 술 처

제 출 문

과학기술처 장관 귀하

본 보고서를 "항공기 엔진/부품의 CAD/CAM 및 성능 시험 기술 개발(II)" 과제의 2 차년도 최종 보고서로 제출합니다.

1995 년 1 월

주관 연구 기관 : 항공우주연구소

총괄연구책임자 : 이 대 성

선 임 연 구 원 : 현 용 익

선 임 연 구 원 : 설 우 석

선 임 연 구 원 : 김 진 한

연 구 원 : 차 봉 준

연 구 원 : 손 창 민

연 구 원 : 윤 민 수

SUMMARY

I. Subject

Development of CAD/CAM and Performance Evaluation Techniques for Aircraft Gas Turbine Engine/Components(II)

II. Objectives and Significance of Research

Aircraft gas turbine engine/components are high value-added products which have far-reaching influence on other technology. However, domestic technology on the development of these products is mainly manufacturing technology and lack of the technology for design, testing, and certification. Moreover, most components are imported or produced under the license of western developed countries with their design. Thus the development of this technology is very urgently needed.

Aircraft gas turbine engine is composed of rotating parts like fan, compressor, and turbine and non-rotating parts like inlet diffuser, exhaust nozzle, and combustor. Among these parts, efficient design of combustor is very important in order to meet the air pollution requirement being more and more strict. It is also very important in order to maintain the engine stability in a large range of altitude, flight manner, and speed. Transfer of advanced technology of developed countries is required in particular, since the design of combustor is strongly dependent on experience.

Since the independent development only with domestic technology requires a vast investment of money and time, it is needed to develop the core technology like design and testing through joint research and

development with the advanced countries. Based on the above considerations, the objective of this project was determined to be the design and testing of combustor for aircraft gas turbine engine through the joint research with the Central Institute of Aircraft Engine in Russia.

III. Contents and Scope of Research

This project is planned to be performed in 3 years. In the 1st year, target aircraft was selected, and the basic design and the detail design of a combustor were performed. In addition, a design for the optimization of a compressor was performed through the analysis of flow characteristics in the compressor.

In the 2nd year, the present year, a design modification was done based on the review of the 1st year's design. According to the modified design, a combustor sector with quartz windows and one without windows were built with the Russian technology. The sector with windows is for studying the internal flow characteristics and combustion phenomena in the combustor, and the sector without windows is for high-pressure testing and altitude testing. A ground testing was performed with the sector with windows and an altitude testing was performed with the sector without windows. For the purpose of ground performance testing of combustor, a test facility was designed and built by Korea Aerospace Research Institute. A plan for testing was also established, based on a review of methodology for performance testing of combustor.

In the 3rd year, testing with the sector and the full-scale combustor will be performed. Based on the results, a general evaluation of the

designed combustor will be done, and a way to improve the combustor design will be sought.

IV. Results and Suggestions

For two years performed were the design of aircraft engine combustor, the optimization, the design modification, the ground testing, and the altitude testing. During the course of the above tasks, technology for design, manufacturing, and testing of combustor was accumulated. Based on the accumulated technology and the result of full-scale combustor testing which will be done in the forthcoming year, the technology related to aircraft engine combustor will be systematically organized to be used in the future design/manufacturing/testing of core components of aircraft gas turbine engine in our country.

요 약 문

I. 제 목

항공기 엔진/부품의 CAD/CAM 및 성능 시험 기술 개발(II)

II. 연구 개발의 목적 및 중요성

항공기용 개스터어빈 엔진 및 부품은 기술 파급 효과가 큰 고부가가치성 제품이나, 이에 대한 국내의 개발 기술은 기계 가공 위주의 생산 기술로서, 각 부품의 설계 및 개발, 성능 시험, 안정성 검증 등의 기술 수준은 매우 낙후되어 있는 실정이다. 이에 따라 거의 모든 부품을 수입에 의존하거나 서방의 설계 도면에 따른 하청 생산 수준에 머무르고 있는 바, 이 기술 부분의 조속한 국내 개발이 요망되고 있는 실정이다.

항공기용 개스터어빈 엔진은 회전 부분인 팬, 압축기, 터어빈과 비회전 부분인 유입 디퓨저, 배기 노즐, 연소기로 구분할 수 있다. 항공기 엔진의 최적 설계 및 엔진 개발의 측면으로 볼 때, 넓은 범위의 고도, 자세, 마하수에 걸쳐 비행하는 항공기 엔진의 작동 안정성을 유지하고, 근래에 들어서 강화되고 있는 배기 가스 규제에 대응하기 위해서는 이들 엔진 부품 중 연소기의 효율적인 설계가 매우 중요한 인자가 된다. 또한 연소기의 설계는 경험적 설계 의존도가 높아 첨단 기술 이전이 특히 요구되는 부분이기도 하다.

한편, 국내 여건 하에서 순수한 국내 기술을 통한 단독 개발은 개발 기간과 재원의 소요가 막대할 것으로 예상되므로, 기술 선진국과의 국제 공동 개발 방식을 통한 설계 및 시험 평가 등의 핵심 기술 개발이 필요하다. 따라서 본 과제에서는 항공기용 개스터어빈 엔진에 사용되는 연소기의 설계 및 성능 시험을 러시아의 중앙 항공 엔진 연구소(CIAM)와 공동으로 수행하는 것을 목표로 하였다.

III. 연구의 내용 및 범위

항공기용 엔진 핵심 부품의 설계 및 성능 시험 기술 개발을 위한 본 연구 과제는 3 년에 걸쳐 수행될 예정이며, 우선 1 차 년도에는 대상 항공기의 결정과 연소기의 기본 및 상세 설계를 수행하고, 유동 특성 해석을 통한 압축기의 최적화 설계도 수행하였다.

당해년도인 2 차 년도에는 1 차 년도에 수행한 설계 결과를 검토한 후, 일부 보완 설계를 수행하였으며, 보완된 설계 결과를 바탕으로 연소기 내부의 유동 특성과 연소 현상을 관찰할 수 있도록 석영창(quartz window)이 설치된 분할 연소기와 고압 및 고공 시험 수행에 적합한 창이 없는 분할 연소기를 CIAM의 기술을 활용하여 제작하였다. 창이 있는 분할 연소기로 지상 성능 시험을 수행하였으며, 창이 없는 분할 연소기로 고공 성능 시험을 수행하였다. 또한 연소기의 지상 성능 시험을 항우연에서 직접 수행할 목적으로 성능 시험 장치를 항우연에서 설계/제작하였으며 성능 시험을 위한 기술적인 검토를 거쳐 성능 시험 계획을 수립하였다.

3 차 년도에는 분할 연소기와 full-scale 환형 연소기에 대한 성능 시험을 수행할 계획이며, 이를 바탕으로 설계된 연소기의 종합 성능을 평가하고 설계 개선 방향을 모색할 것이다.

IV. 연구 결과 및 활용에 대한 건의

2 년 간에 걸쳐 항공기용 엔진의 연소기 설계 및 설계 최적화 작업, 설계 보완 작업, 특성 분석 작업, 지상 성능 시험, 고공 성능 시험 등을 수행하였으며, 이러한 작업을 통하여 연소기 설계, 제작 및 성능 시험 기술을 축적하였다. 그 간에 축적된 기술과 차기년도에 수행될 full-scale 연소기의 성능 시험 결과를 바탕으로 항공기 엔진용 연소기와 관련된 총체적인 기술을 구축하여 향후 국가적으로 요구되는 항공기 개스터어빈 엔진의 핵심 부품 설계/제작/시험에 일익을 담당할 것이다.

TABLE OF CONTENTS

Chapter 1. Introduction	1
Chapter 2. Design of the annular combustor	5
Section 1. Results of the annular combustor design	5
1. Results of the combustor design using SAPRCAM	5
2. Design of the geometrical configuration of the combustor	7
가. General layout of the combustor	7
나. Fuel nozzle	10
다. Liner and the distribution of the air holes	10
라. Air swirler	15
Section 2. Results of the calculation of the combustor characteristics	15
1. Aerodynamic characteristics of the diffuser and the liner	15
2. Cooling system of the liner	18
3. Contents of the emission	23
4. Temperature profile at the combustor exit	30
Chapter 3. Methods of the combustor tests	35
Section 1. Design of the test rig	35
Section 2. Kinds of tests	35
1. Ignition test	36
2. Stability test	39

3. Heat transfer measurement of the combustor	40
4. Measurement of the efficiency and the emission	43
5. Measurement of the temperature profile at the combustor exit	45
6. Measurement of the pressure loss	46
Section 3. Combustor sector test and its importance	46
1. Flow in the inlet	46
2. Flow in the combustor	47
3. Ignition test	47
4. Stability test	47
5. Efficiency and emission	47
6. Heat transfer	48
7. Temperature profile at the combustor exit	48
8. Pressure loss	48
Section 4. Measurement	48
1. Temperature measurement	49
가. Thermocouple probe	49
나. Surface thermocouple	53
다. Thermal paint	53
라. Infrared photography	53
2. Velocity measurement	56
가. Conventional probe techniques	56
나. Hot wire and hot film probe	58

다. Laser Doppler Velocimetry	58
3. Gas sampling	58
4. Smoke measurement	60
5. Emission measuring system	66
Section 5. Flow visualization	67
1. Water flow visualization	67
2. Flame photography	68
3. Spray photography and droplet size measurement	68
Chapter 4. Combustor test facilities	69
Section 1. U-373 test facility in CIAM	69
Section 2. UV-13 test facility in CIAM	76
Section 3. Test facility in KARI	85
1. Air supply system	85
2. Design of the flow passage and piping	88
가. Flow conditioner	89
나. Orifice type flow meter	91
3. Test chamber	91
4. Pressure and flow rate control system	93
5. Measurement and analysing system	93
가. Pressure measurement system	93
나. Temperature measurement system	93
다. Optical measurement system	93

Section 4. Combustor for the test	99
1. Combustor sector with the window	99
2. Combustor sector without the window	101
Chapter 5. Results of the combustor test	107
Section 1. Results of the combustor sector design	107
Section 2. Test results using U-373	108
1. Aerodynamics test of the frontal device	108
2. Fuel atomizing and mixing test	110
3. Test of positioning the spark plug	114
4. Other tests	117
Section 3. Results of the high altitude test	119
1. Test facilities and method	119
2. Test results	120
가. Influence of the spark plug position	120
나. Ignition map and stability map	121
Section 4. Test plan using the test facility in KARI	124
1. Aerodynamics(Cold Flow)	124
가. Flow-Visualization	124
나. Velocity measurement	125
다. Pressure measurement	127
2. Fuel injection and atomization	127
가. Fuel nozzle spray	127

나. Dispersion and concentration of the liquid fuel	128
Chapter 6. Conclusion	131
References	133
Appendices Report from the participating company	

목 차

제 1 장 서 론	1
제 2 장 환형 연소기 설계	5
제 1 절 환형 연소기 설계 결과	5
1. SAPRCAM에 의한 연소기 설계 결과	5
2. 연소기의 기하학적인 형상 설계	7
가. 전체 개략도	7
나. 연료 노즐	10
다. 라이너와 공기 구멍의 분포	10
라. 공기 선회기	15
제 2 절 연소기의 특성 계산 결과	15
1. 디퓨저 및 라이너의 유체역학적인 특성	15
2. 라이너 냉각 시스템	18
3. 배기 가스 성분	23
4. 연소기 출구에서의 온도 분포	30
제 3 장 연소기 시험법	35
제 1 절 Test rig 설계	35
제 2 절 시험의 종류	35
1. 점화 시험	36
2. 화염 안정성 시험	39

3. 연소기 열전달 측정	40
4. 연소 효율 / 배기가스 측정	43
5. 연소기 출구 온도 분포	45
6. 압력 손실 측정	46
제 3 절 분할 연소기(sector) 시험과 그 중요성	46
1. 입구 유동	46
2. 연소기 유동	47
3. 점화 시험	47
4. 화염 안정성 시험	47
5. 연소 효율과 배기물	47
6. 열전달	48
7. 출구 온도 분포	48
8. 압력 손실	48
제 4 절 계측	48
1. 온도 측정	49
가. 열전대 프로브	49
나. 표면 열전대	53
다. 열지시 paint	53
라. 적외선 사진	53
2. 속도 측정	56
가. 일반적인 기법	56
나. Hot wire and hot film probe	58

다. Laser Doppler 속도계	58
3. 배기 가스 측정	58
4. Smoke 측정	60
5. 배기 가스 측정 시스템	66
제 5 절 유동 가시화	67
1. 수류 모델 유동 가시화	67
2. 화염 사진	68
3. 분무 사진 및 액적 크기 측정	68
제 4 장 연소기 성능 시험 장치	69
제 1 절 CIAM의 U-373 시험 장치	69
제 2 절 CIAM의 고공 성능 시험 장치(UV-13)	76
제 3 절 KARI 성능 시험 장치	85
1. 공기 공급 장치	85
2. 유로 설계 및 배관	88
가. 유질 안정화 장치	89
나. Orifice 형 유량계	91
3. 시험부	91
4. 압력 및 유량 조절을 위한 제어 장치	93
5. 측정 및 자료 분석을 위한 장치	93
가. 압력 측정 장치	93
나. 온도 측정 장치	93
다. 광학 실험 장치	93

제 4 절 성능 시험용 연소기	99
1. 창이 있는 연소기	99
2. 창이 없는 연소기	101
제 5 장 연소기 성능 시험 결과	107
제 1 절 분할 연소기 설계 결과	107
제 2 절 U-373 성능 시험 장치를 이용한 실험 결과	108
1. Frontal device의 공기 역학적 성능 실험	108
2. 연료 미립화 및 혼합 실험	110
3. 점화 위치 선정 실험	114
4. 기타 실험	117
제 3 절 고공 성능 시험 장치를 이용한 실험 결과	119
1. 실험 장치 및 실험 기법	119
2. 실험 결과	120
가. 점화 플러그 위치의 영향	120
나. 점화 가능 영역과 화염 안정 영역	121
제 4 절 KARI 성능 시험 장치를 이용한 연소기 성능 시험 계획	124
1. 공기 역학적 특성(Cold Flow)	124
가. 유동 가시화	124
나. 속도 측정	125
다. 압력 측정	127
2. 연료 분무와 미립화	127
가. 연료 분사 노즐의 전체 형상	127

나. 액체 연료의 분포 및 농도 측정	128
제 6 장 결 론	131
참 고 문 헌	133
부 록 참여 기업 보고서	

그 립 목 차

그림(2.1) General layout of new annular combustor	8
그림(2.2) Comparison of combustors	9
그림(2.3) Centrifugal two-nozzle fuel injector	11
그림(2.4) Volumetric flow rate for two-nozzle injector	12
그림(2.5) The scheme of flame tube(view in flow direction)	13
그림(2.6) Distribution of air holes on the liner	14
그림(2.7) Air swirler	16
그림(2.8) Vector velocity flow field in the combustor diffuser (software DIFCHAM)	17
그림(2.9) Vector velocity flow field in the combustor diffuser (software AEROCHAM)	19
그림(2.10) Vector velocity flow field in the plane of burners (I) (software AEROCHAM3)	20
그림(2.11) Vector velocity flow field in the plane of burners (II) (software AEROCHAM3)	21
그림(2.12) Temperature pattern at the end of the liner (1-in the plane of burner, 2-in the plane between burners)	22
그림(2.13) Wall temperature distribution along section in middle part of liner (——— hot surface, cold surface)	24

그림(2.14) Wall temperature distribution along section in gas collector (——— hot surface, ····· cold surface) ······	25
그림(2.15) Distribution of axial(a) and circumferential(b) thermal stresses in wall along the section in middle part of liner (——— hot surface, ····· cold surface) ······	26
그림(2.16) Distribution of axial(a) and circumferential(b) thermal stresses in wall along the section in gas collector (——— hot surface, ····· cold surface) ······	27
그림(2.17) NO emission index versus compression ratio for new annular combustor at $P_0 = 1.034 \text{ MPa}$, $T_0 = 288.1 \text{ K}$ ······	29
그림(2.18) Variation of θ and θ_n versus air excess ratio for annular combustor ······	31
그림(2.19) Variation of maximum gas temperature at the combustor exit ·····	32
그림(3.1) Ignition and extinction characteristics for combustor ······	41
그림(3.2) Scatter band for stability limits ······	42
그림(3.3) Design details of shielded and unshielded thermocouple probes ·····	54
그림(3.4) Typical wedge-wire themocouple installation ······	55
그림(3.5) Thermographic image ······	57
그림(3.6) Steam and oil heated gas sampling probes ······	61
그림(3.7) Bacharach smoke spot chart ······	62
그림(3.8) The Ringelmann chart ······	63
그림(3.9) Sampling system schematic ······	65

그림(4.1) U-373 성능 시험 장치 개략도	70
그림(4.2) U-373 성능 시험 장치의 연료 공급 장치 개략도	71
그림(4.3) 광학 측정 장치의 개략도	72
그림(4.4) One burner compartment의 개략도	74
그림(4.5) UV-13 고공 성능 시험 장치의 개략도	77
그림(4.6) UV-13 고공 성능 시험 장치의 연료 공급 장치 개략도	78
그림(4.7) KARI 성능 시험 장치 개략도	79
그림(4.8) KARI 성능 시험 장치 사진 1	80
그림(4.9) KARI 성능 시험 장치 사진 2	81
그림(4.10) KARI 성능 시험 장치 사진 3	82
그림(4.11) KARI 성능 시험 장치 사진 4	83
그림(4.12) IR compressor 사진	84
그림(4.13) 압축기 운전 영역	87
그림(4.14) KARI 성능 시험 장치 배관도	90
그림(4.15) Test chamber 형상	92
그림(4.16) Schematic diagram of the experimental setup	95
그림(4.17) Schematic diagram of the cooling water system for laser source ...	96
그림(4.18) Structured view of the color burst	97
그림(4.19) 분할 연소기 단면도	100
그림(4.20) 분할 연소기 사진 1	102
그림(4.21) 분할 연소기 사진 2	103
그림(4.22) 분할 연소기 사진 3	104

그림(4.23) 분할 연소기 사진 4	105
그림(4.24) 분할 연소기 사진 5	106
그림(5.1) Typical low pressure distribution of the D_{32} and C_v , Kerosene, $\Delta P^*_F = 2.0$ bar	111
그림(5.2) Typical low pressure distribution of the D_{32} and C_v in the case of fuel nozzle in frontal device water $\Delta P^*_F = 2.0$ bar, $\Delta P^*_{FD} = 6$ KPa, $\Delta P^*_{AA} = 100$ KPa	112
그림(5.3) D_{32} and C_v distribution in the spray(1) $\Delta P^*_F = 500$ KPa, $\Delta P^*_{FD} = 17$ KPa, $\Delta P^*_{AA} = 0$ KPa	115
그림(5.4) D_{32} and C_v distribution in the spray(2) $\Delta P^*_F = 500$ KPa, $\Delta P^*_{FD} = 17$ KPa, $\Delta P^*_{AA} = 0$ KPa	116
그림(5.5) 화염 가시화 사진 1	118
그림(5.6) 분할 연소기의 화염 안정 영역 1	122
그림(5.7) PS-90A 엔진의 화염 안정 영역 1	123

기 호 설 명

A_l	라이너 단면적
A_o	라이너 벽면의 구멍 면적의 총합
D_{\max}	Case의 외경
D_{\min}	Case의 내경
ΔP_{FD}	Frontal device에서의 압력 손실
ΔP_{AA}	Air assisting을 위한 공급 압력
f	렌즈 초점 거리
h	디퓨저 입구의 높이
h_l	라이너의 높이
k	상수
K_{rad}	열복사 보정 계수
$K_v = \frac{Q_l}{P_2^* m T_2^{*2} V_p}$	공기 유입 factor ($m = 0.35 / P_2^{*0.65}$)
L_c	연소실의 길이
L_d	유동 박리 전까지의 디퓨저 길이
L_l	라이너의 길이
Ma	마하수
\dot{m}_a	공기 유량
\dot{m}_f	연료 유량
n	지수
P_2^*	연소기 입구에서의 전압력
P_3^*	연소기 출구에서의 전압력
P_f	연료 압력
s	연료 노즐 사이의 거리
T_2^*	연소기 입구에서의 전온도
T_3^*	연소기 출구에서의 전온도
Q_l	라이너 내의 체적 속도(m^3/s)
U_l	라이너 내의 속도(m^2/s)

V_{FD}	Frontal device의 공기 체적 유량
V_{FT}	라이너(Flame tube)의 공기 체적 유량
V_p	주 연소 영역(primary zone)의 부피
$Z = \frac{P_2^* - P_3^*}{P_2^*}$	압력 손실 계수
α	공기 과잉비
β	오리피스 확대비
δ	Combustion chamber drag
η	연소 효율
$\Theta_{\max} = \frac{T_{\max} - T_2^*}{T_3^* - T_2^*}$	연소기 출구에서의 온도 분포 불균일도
ρ_a	공기의 밀도
τ	시간 상수

제 1 장 서 론

근년 우리나라 항공 산업의 발전에 따라 항공기 엔진에 대한 독자적 설계 기술 및 성능 시험 기술의 확보가 요구되고 있다. 항공기용 개스터어빈 엔진 및 부품은 기술 파급 효과가 큰 고부가가치성 제품이나, 이에 대한 국내의 개발 기술은 기계 가공 위주의 생산 기술로서, 각 부품의 설계 및 개발, 성능 시험, 안정성 검증 등의 기술 수준은 매우 낙후되어 있는 실정이다. 이에 따라 거의 모든 부품을 수입에 의존하거나 서방의 설계 도면에 따른 하청 생산 수준에 머무르고 있는 바, 이 기술 부분의 조속한 국내 개발이 요망되고 있는 실정이다.

한편, 국내 여건 하에서 순수한 국내 기술을 통한 단독 개발은 개발 기간과 재원의 소요가 막대할 것으로 예상되므로, 기술 선진국과의 국제 공동 개발 방식을 통한 설계 및 시험 평가 등의 핵심 기술 개발이 필요하다. 이에 본 과제에서는 항공기용 엔진의 설계, 개발, 시험 분야에서 세계 일류급의 연구 기관인 러시아의 중앙항공엔진연구소(CIAM)으로 부터 첨단 설계/개발 및 시험 평가 기술을 이전 받기 위해 2 년에 걸쳐 공동 연구를 수행해 왔으며, 현재 3 차 년도 공동 연구를 시작하였다.

러시아의 중앙 항공 엔진 연구소(CIAM)는 3 천 여명의 연구원을 확보하여 각종 항공기 엔진을 설계, 개발, 시험, 생산, 정비하는 연구 기관으로 그들의 첨단 기술을 산업체와 연구소에 성공적으로 이전할 경우, 국내 기술의 제고는 물론, 개스터어빈 엔진/부품의 상품화에 성공할 가능성이 매우 크다.

러시아로부터의 기술 도입은 기술 이전에 있어서 보수적인 서방 선진국에 비해 용이한 편으로, 서방 선진국들로부터의 기술 이전에 미비된 분야를 보완하여 국내 기술을 효율적으로 제고하는 데 기여해 왔으며, 당분간 러시아와의 지속적인 기술 협력이 기대된다.

항공기용 개스터어빈 엔진의 개발은 첨단 기술이 종합적으로 요구되며, 그에 따라 막대한 개발비와 설비가 소요된다. 그러나, 본 과제의 연구비 수준으로

는 이러한 전반적인 항공기용 개스터어빈 엔진에 필요한 기술 개발이 불가능하므로, 개스터어빈 엔진 중 국내의 설계 및 성능 시험 기술 수준이 특히 낮은 부분을 선별하여 집중적인 기술 이전을 유도하는 것을 목표로 하였다.

항공기용 개스터어빈 엔진은 회전 부분인 팬, 압축기, 터어빈과 비회전 부분인 유입 디퓨저, 배기 노즐, 연소기로 구분할 수 있다. 항공기 엔진의 최적 설계 및 엔진 개발의 측면으로 볼 때, 넓은 범위의 고도, 자세, 마하수에 걸쳐 비행하는 항공기 엔진의 작동 안정성을 유지하고, 근래에 들어서 강화되고 있는 배기 가스 규제에 대응하기 위해서는 이들 엔진 부품 중 연소기의 효율적인 설계가 매우 중요한 인자가 된다. 또한 연소기의 설계는 경험적 설계 의존도가 높아 첨단 기술 이전이 특히 요구되는 부분이기도 하다.

따라서 본 과제에서는 항공기용 개스터어빈 엔진에 사용되는 연소기의 설계 및 성능 시험을 러시아의 중앙항공엔진연구소와 공동으로 수행하는 것을 목표로 하였고, 우선 1 차 년도에는 대상 항공기의 결정과 연소기의 기본 및 상세 설계를 수행하였으며, 유동 특성 해석을 통한 압축기의 최적화 설계도 수행하였다. 연소기의 설계 과정에는 러시아 CIAM, 항우연과 참여 기업인 삼성 항공이 공동으로 참여하였으며, CIAM의 설계 기술을 도입하여 국내 설계 기술을 보완하였다.

2 차 년도에는 1 차 년도에 수행한 설계 결과를 검토한 후, 일부 보완 설계를 수행하였으며, 보완된 설계 결과를 바탕으로 연소기 내부의 유동 특성과 연소 현상을 관찰할 수 있도록 석영창(quartz window)이 설치된 분할 연소기와 고압 및 고공 시험 수행에 적합한 창이 없는 분할 연소기를 CIAM의 기술을 활용하여 제작하였다. 창이 있는 분할 연소기는 항우연 및 참여 기업 연구원의 참석 하에 CIAM에서 지상 성능 시험을 수행한 후 국내로 반입하였으며, 창이 없는 분할 연소기는 항우연 연구원 참석 하에 고공 성능 시험을 수행한 후 3 차 년도에 계획된 추가 시험을 위해 현재 CIAM에 보관되어 있다. 또한 연소기의

지상 성능 시험을 항우연에서 직접 수행할 목적으로 성능 시험 장치를 항우연에서 설계/제작하였으며 성능 시험을 위한 기술적인 검토를 거쳐 성능 시험 계획을 수립하였다.

3 차 년도에는 창이 없는 분할 연소기와 현재 CIAM에서 제작 중인 full-scale 환형 연소기에 대한 성능 시험을 CIAM이 보유하고 있는 설비를 이용하여 수행할 계획이며, 창이 있는 연소기에 대한 성능 시험을 항우연에서 설계/제작한 시험 설비를 이용하여 수행할 계획이다. 이러한 시험 들을 통해 성능 시험 기술을 개발, 축적하고, 연소기의 유동 특성 및 연소 현상에 대한 연구를 수행한 후, 이를 바탕으로 설계된 연소기의 종합 성능을 평가하고 설계 개선 방향을 모색할 것이다.

여 백

제 2 장 환형 연소기 설계

본 과제 1 차 년도에 주 연소 영역의 공기량 결정, 유입 면적 및 라이너 면적 결정, 연소 영역 크기 및 공기 분포 결정, 디퓨저 설계, dome 설계, 온도 계산 및 냉각 설계, 효율 및 배기물 계산 등의 과정을 거쳐 설계 요구 조건에 부합하는 연소기의 1 차 설계를 완료하였으며, 2 차 년도인 당해 년도에 부분적인 수정 과정을 거쳐 보완 설계를 하여 이를 바탕으로 연소기 sub-scale 모델을 제작하였으며, full-scale 모델을 제작 중에 있다. 아래에 연소기 설계 결과를 요약하였다.

제 1 절 환형 연소기 설계 결과

1. SAPRCAM에 의한 연소기 설계 결과

설계 조건을 만족시키기 위해 1 차 년도에 연소기의 최대 외경(D_{max})이 520, 560 mm 두 경우에 대해 설계를 수행하였다. 라이너 안에서의 유동은 외경이 560 mm인 경우에 비교적 좋은 결과를 보여 주었지만, 현재 널리 사용되고 있는 보통의 연소기 안에서의 유동 속도($U_j = 20 \sim 30$ m/s)보다는 높은 값인 40 m/s를 나타냈다. 라이너 안에서의 높은 속도는 고공 재점화 시 신뢰성을 보장하지 못한다. 이러한 이유로 주요 설계 인자를 유지하면서 1 차년도 연소기 형상에 대한 재 설계가 요구되었다.

$$\begin{aligned} \text{Take-off 설계 인자 : } P_2^* &= 1.382 \text{ MPa, } T_2^* = 670 \text{ K, } \dot{m}_a = 31.2 \text{ kg/s} \\ \alpha &= 2.7, \dot{m}_f = 2860 \text{ kg/hr, } T_3^* = 1530 \text{ K} \end{aligned}$$

연소기의 기하학적인 인자들을 바꿔 계산한 결과를 표(2.1)에 제시하였다.

이 계산에서는 터빈 냉각을 위해 10 %의 공기를 사용하므로, 1 차 년도에서 고려한 연소기의 입구 면적보다 10 % 더 큰 입구 면적을 갖도록 고려하였다. 연소기 설계 시 다음의 사항이 중점적으로 고려되었다.

- 라이너 안에서의 유동 속도의 감소
- 외경의 증가 (인젝터 수의 증가)
- 연소기 길이 ($L_c = 340 \text{ mm}$)의 감소

표(2.1) 연소기 형상 변화에 따른 주요 인자의 계산 결과

Parameter	Number			
	1	2	3	4
L_d/h	2.0	2.0	3.0	2.0
L_i/h_i	2.2	2.2	2.6	2.2
K_v	0.005	0.005	0.005	0.0035
$h_i(\text{m})$	0.105	0.105	0.105	0.107
$L_i(\text{m})$	0.232	0.232	0.274	0.236
$L_c(\text{m})$	0.340	0.340	0.409	0.336
η	0.998	0.998	0.998	0.999
Θ_{\max}	1.35	1.31	1.30	1.26
$\delta (\%)$	6.4	7.85	6.37	5.6
A_o/A_i	0.359	0.303	0.359	0.243
$D_{\max}(\text{m})$	0.522	0.522	0.522	0.68

표(2.1)에서 알 수 있듯이 4 개 경우의 연소기 설계 결과에서 중요한 차이점은 A_o/A_i (total hole area of the liner/cross section area of the liner), 연소기

의 길이, 평균 유동 속도이다. 버전 1, 2, 3은 압력 손실, 온도 분포의 불균일성에서 설계 요구 조건인 $\theta \leq 1.3$, $\delta \leq 6\%$ 를 만족시키지 못했고, 버전 4만이 $\delta = 5.6\%$, $\theta = 1.26$ 로 요구 조건을 만족시켰다. 또한 유동 속도는 A_0/A_1 감소, 연소기 길이 감소에도 불구하고, D_{max} 가 680 mm으로 증가함에 따라 고정된 라이너 높이에서 감소하였다.

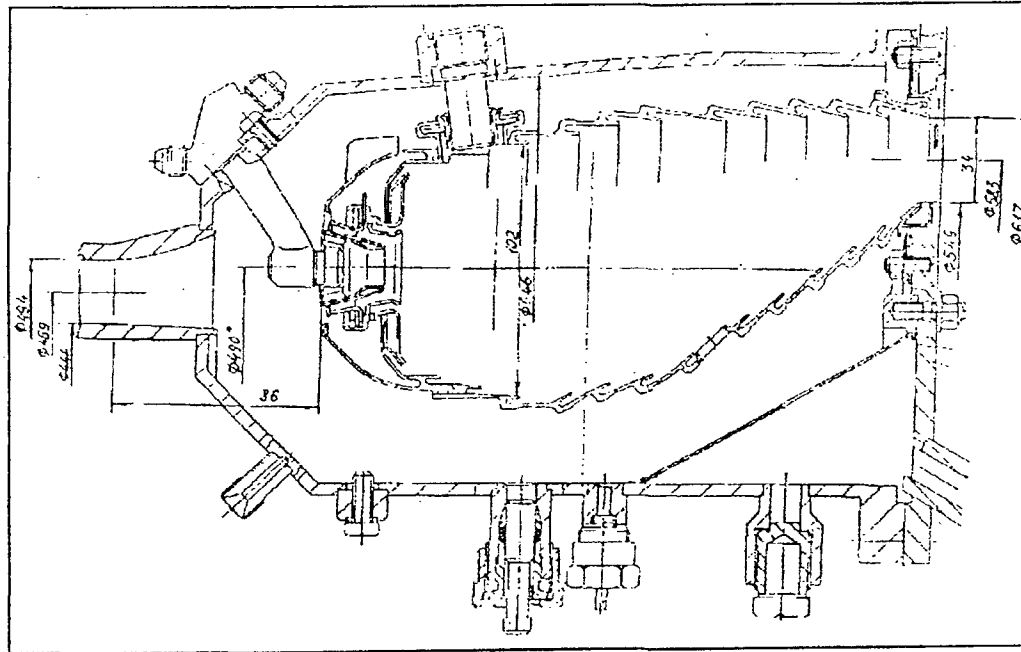
결국, SAPRCAM 소프트웨어로 설계한 환형 연소실의 기하학적인 형상은 다음과 같다.

- 연소기의 길이 L = 340 mm
- 연소기의 외경 D_{max} = 680 mm
- 라이너의 면적비 A_0/A_1 = 0.24
- 라이너의 길이 L_1 = 240 mm

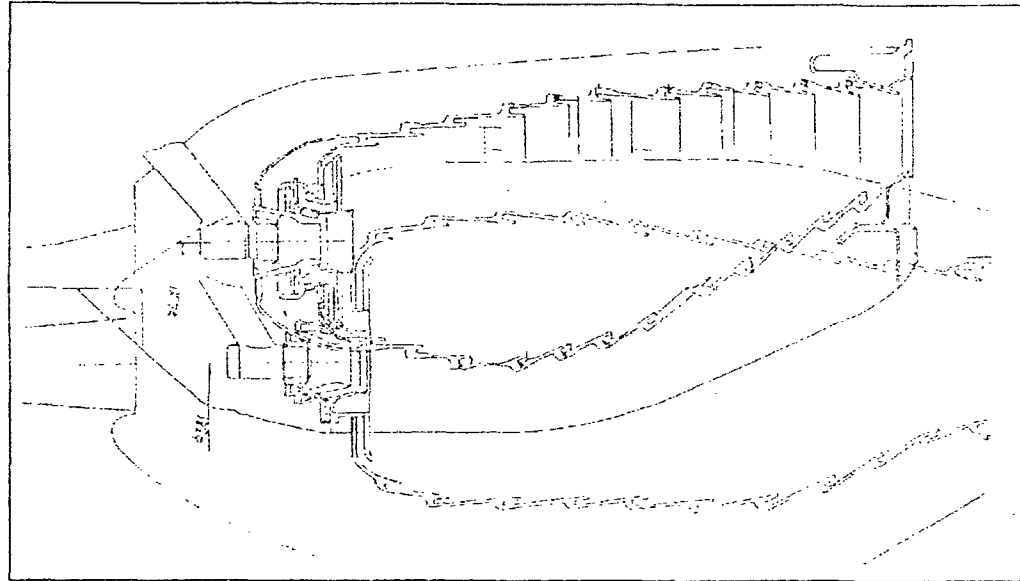
2. 연소기의 기하학적인 형상 설계

가. 전체 개략도

최종 설계한 연소기의 개략도는 그림(2.1)과 같다. 그림(2.2)는 1차년도에 설계한 연소기와 당해 년도에 보완 설계한 연소기를 서로 비교한 것이다. 그림에서 보이듯이 디퓨저와 라이너의 길이가 감소하였으며, 연소기의 외경이 증가하였다. 연소기 성능 시험을 용이하게 하기 위해서 연소기의 케이싱을 간단하게 하였으며, 성능 시험 후에 케이싱의 수정이 요구된다. 경험과 세계적인 추세를 감안하여 연소기의 디퓨저를 충분히 짧게 설계하였다. 디퓨저의 면적비는 1.52, 상대 길이는 $L_d/n = 1.64$ 이고, 디퓨저의 출구 면적은 0.0368 m^2 이다. Frontal device의 단면적(head cross-section)이 감소함에 따라 라이너 주위의 유동은 더욱 안정화 되었다.



그림(2.1) General layout of new annular combustor



그림(2.2) Comparison of combustors

나. 연료 노즐

인젝터의 수는 양호한 연료 분포를 갖도록 24 개로 정했으며, 인젝터 간의 거리는 1 차 년도($s = 66 \text{ mm}$)와 근사한 $s = 64 \text{ mm}$ 이다. 그림(2.3)은 dual swirl 인젝터의 형상이며, 그림(2.4)는 인젝터의 공급 유량 곡선이다.

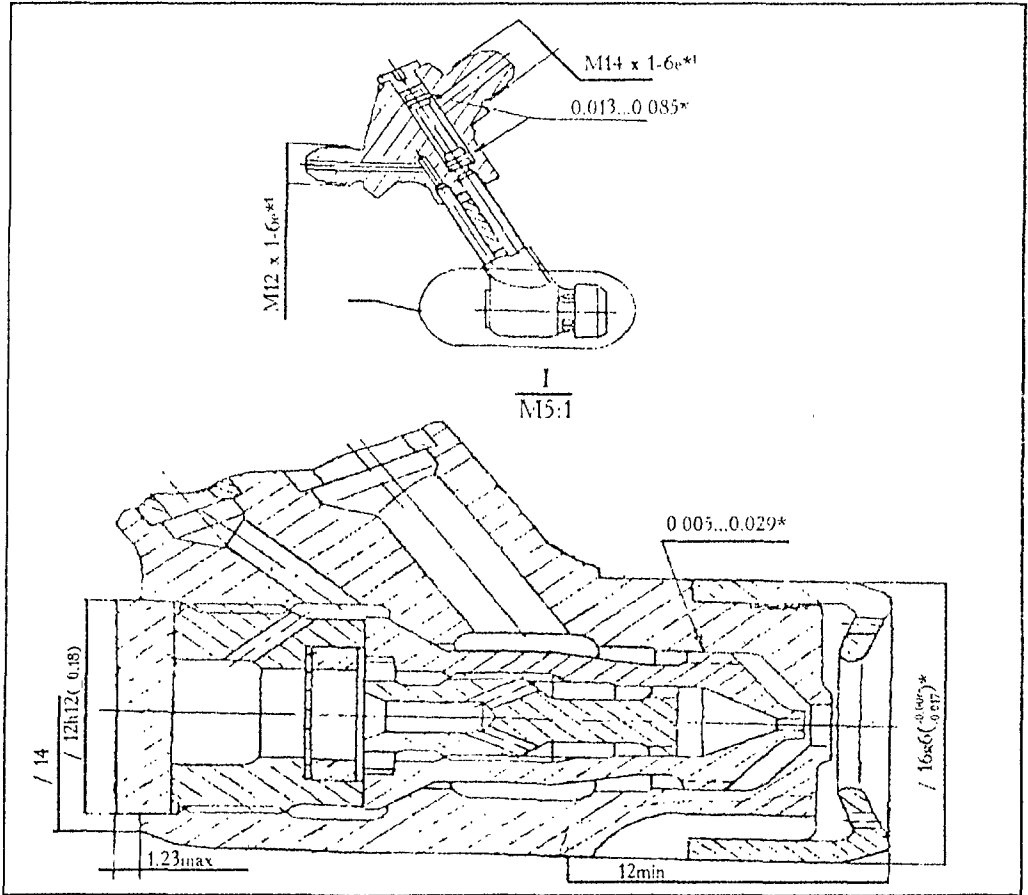
다. 라이너와 공기 구멍의 분포

그림(2.5)는 1100 °C 까지 견디는 열 저항 합금으로 만든 라이너를 디퓨저 방향에서 바라본 그림이다. 합금의 특성 값은 표(2.2)와 같다.

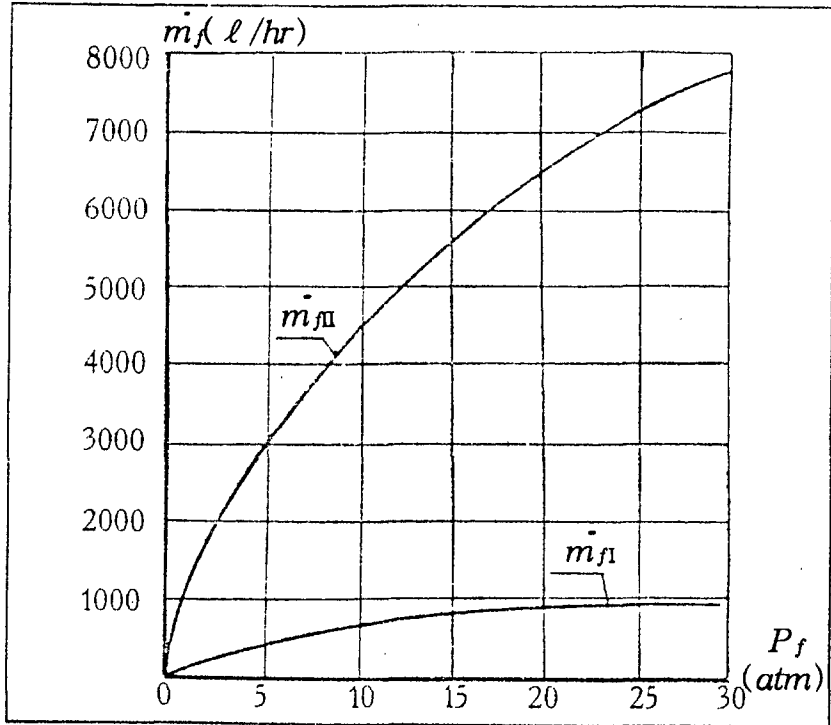
표(2.2) 연소기 제작용 합금의 특성 값

Strength limit(kg/mm ²)	95(20 °C), 14(1000 °C)
Yield limit(kg/mm ²)	63(20 °C), 7.5(1000 °C)
Long term durability(kg/mm ²)	18(800 °C), 3(1000 °C)
Density(g/cm ³)	8.18
Heat conductivity(cal/cm·sec·K)	0.026(100 °C), 0.06(900 °C)
Linear expansion($\times 10^6$)	11(100 °C), 19.9(1000 °C)
Specific heat capacity(cal/g·K)	0.092(100 °C), 0.16(800 °C)

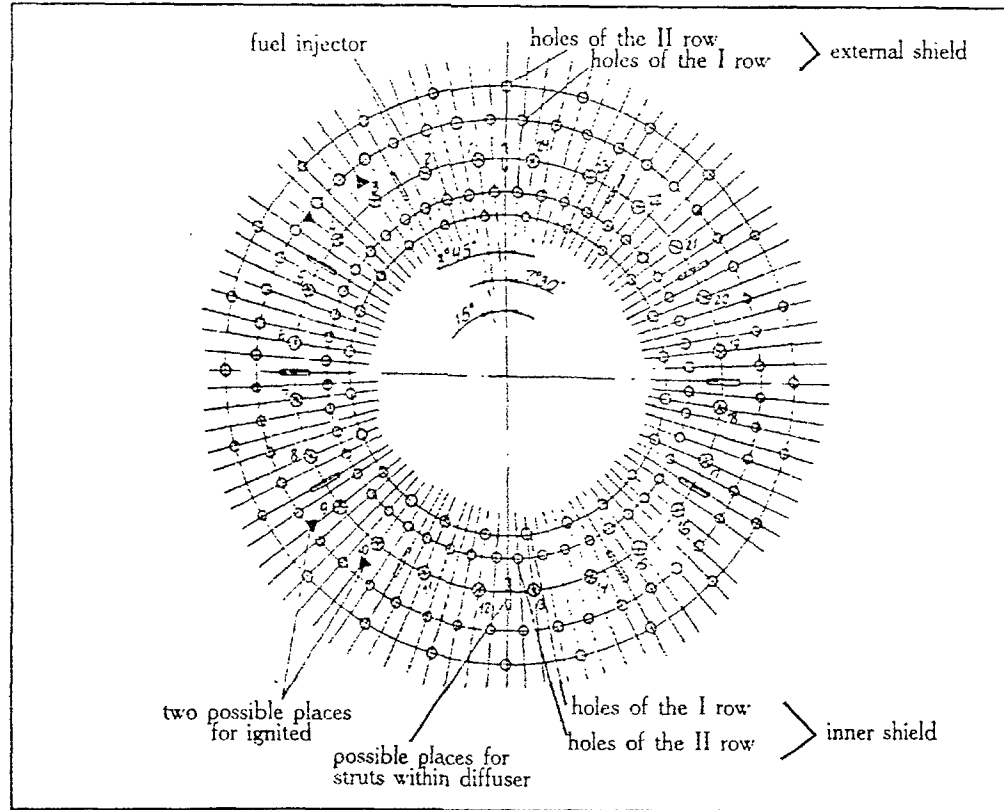
그림(2.6)은 라이너 안의 공기 구멍 분포이다. 여기서 $A_0/A_1 = 0.2$ 정도로 낮춰 라이너 안에서의 평균 유속을 25 m/s까지 감속 시켰다. 외측 라이너 첫 번째 열의 공기 구멍 전체 면적은 내측 라이너 첫 번째 열의 공기 구멍 전체 면적보다 1.3 배 큰데, 이는 연소기 출구에서의 평균 온도 요구 조건의 충족을 위한 것이다.



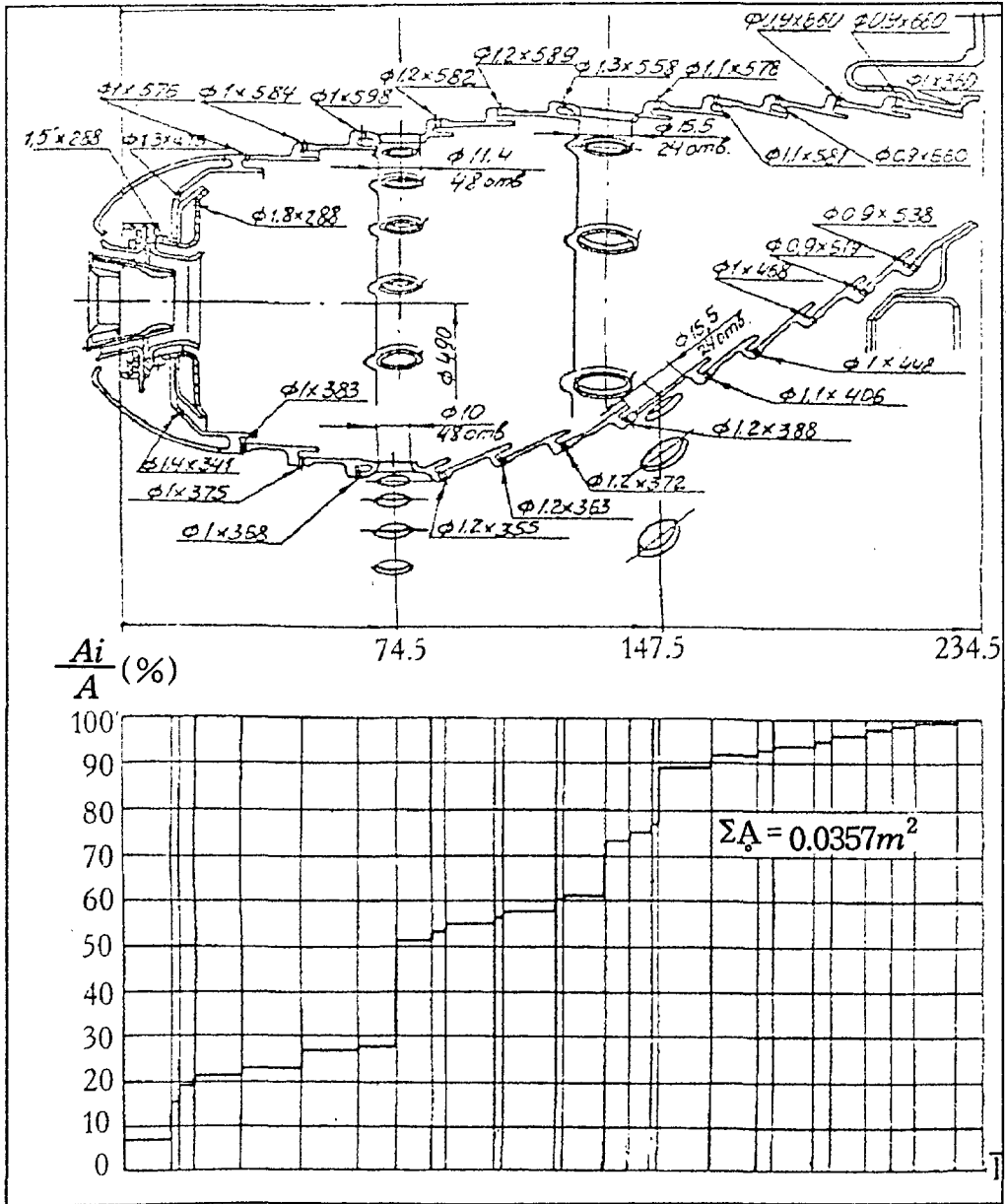
그림(2.3) Centrifugal two-nozzle fuel injector



그림(2.4) Volumetric flow rate for two-nozzle injector



그림(2.5) The scheme of flame tube(view in flow direction)



그림(2.6) Distribution of air holes on the liner

라. 공기 선회기

선회기는 블레이드가 12 개씩 설치된 counter rotating type이며, 블레이드 경사각은 각각 45° , 40° 이다.(그림(2.7)참조) 선회기는 각 연료 노즐에 설치되며, 선회기를 통과하는 공기 유량은 전체 유량의 12 %이다.

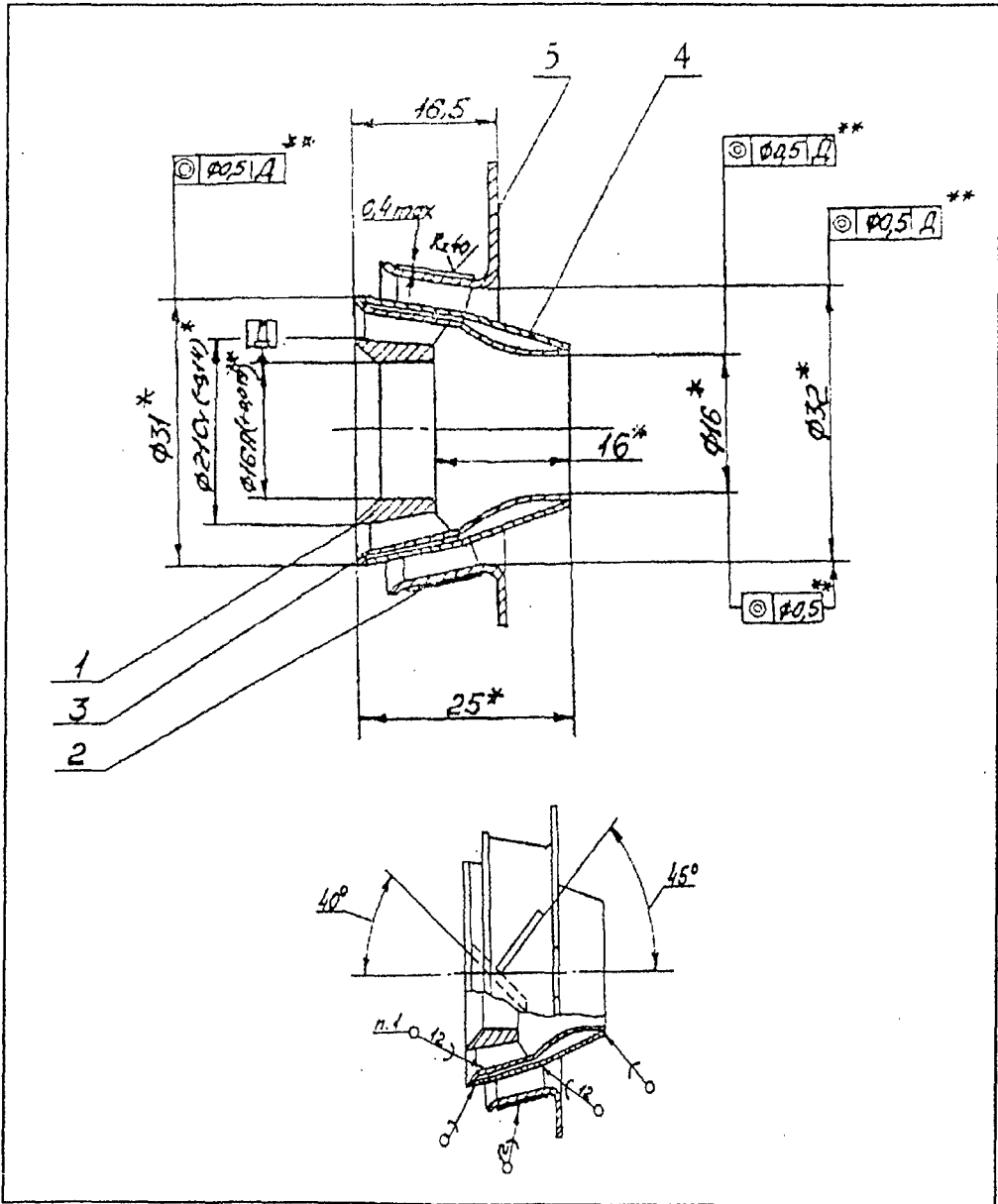
제 2 절 연소기의 특성 계산 결과

1. 디퓨저 및 라이너의 유체역학적인 특성

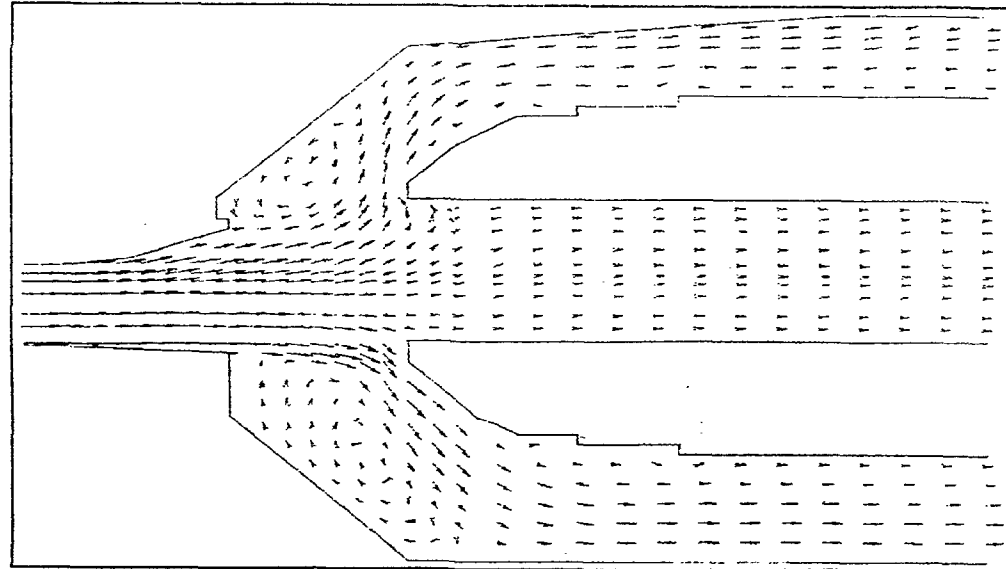
연소기의 기하학적인 인자를 설정한 후 연소기의 상세한 유동을 알기 위해서 DIFCHAM, AEROCHAM, AEROCHAM3 프로그램으로 속도와 압력 분포를 계산하였다. 여기서 pre-diffuser 형상의 결정, 완만한 유동 팽창을 위한 디퓨저와 frontal device 사이의 거리, 라이너 주위의 대칭 유동, 냉각 시스템을 위한 압력 등을 알 수 있다. 계산 결과들은 연소기를 제작하거나 시험하는데 유용한 자료를 제공해 준다.

난류 모델 $k-\epsilon$ 모델링을 통한 2 차원 유동 해석 프로그램 DIFCHAM은 공기 구멍의 위치가 결정되지 않고, 단지 frontal device 유동과 채널 유동 사이의 일반적인 관계 만을 알고 있는 상태에서 라이너 초기 설계를 하기에 적합한 프로그램이다. 이 프로그램을 이용하여 속도와 압력 손실 계산이 가능하다. 환형 채널 간의 압력 차이는 연소기의 입구 속도 분포와 디퓨저 형상에 의존하며, 또한 디퓨저의 압력 손실은 pre-diffuser로부터 나온 유동과 라이너의 상대적인 위치에 의존한다.

압축기에서 균일한 유동이 공급되고, 라이너가 약간 비대칭인 경우 계산된 결과가 그림(2.8)이다. 그림에서 보면 pre-diffuser 바깥 벽의 경사 때문에 유동 경계층이 두껍게 형성되었고, 이로 인해 디퓨저 바로 뒤의 유동이 위로 퍼지는 경향을 나타내고 있다. 이러한 현상은 디퓨저 안쪽 벽을 유동이 바깥쪽으로 빠



그림(2.7) Air swirler



그림(2.8) Vector velocity flow field in the combustor diffuser
(software DIFCHAM)

지도록 설계해 주면 제거할 수 있다. 계산은 120x80 셀을 갖는 격자에서 수행하였고, 전체 디퓨저의 압력 손실 계수는 $Z_{diff} = 0.36$, $C_{p_{in}} = 0.26$, $C_{p_{out}} = 0.44$ 이다.

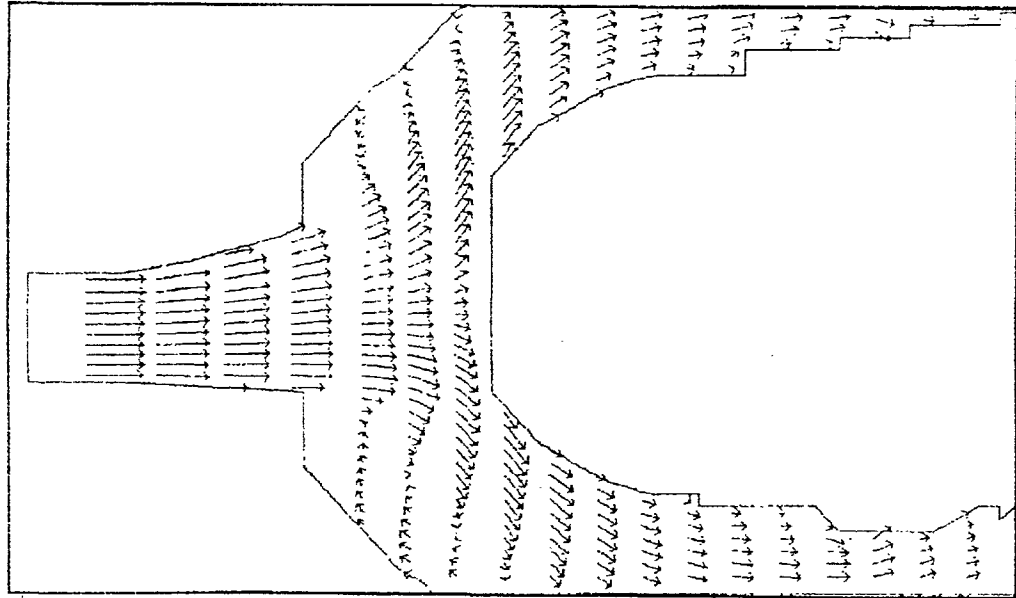
연소기 체적이 고려된 2 차원 유동을 계산하는 AEROCHAM은 라이너 벽의 유동 투과성(permeability)을 가정된 공기 구멍의 유동 계수로 부터 환산하여 계산하고, 라이너 안에서의 열 방출을 일차원으로 모델링하여, 전체 압력/열 손실을 얻을 수 있는 2 단계 프로그램이다. 바깥 채널에서의 손실 계수는 $Z_{out} = 0.31$, 안쪽 채널에서의 손실 계수는 $Z_{int} = 0.32$ 로 계산되었으며, 유동장은 그림(2.9)에 제시되었다.

연료 연소 모델을 포함하여, 준 3 차원 계산을 하는 AEROCHAM3은 화염기를 포함하고 있는 단면과 화염기와 화염기 사이의 중간 단면으로 나누어 계산한다. 계산은 take-off 조건 하에서 수행했으며, 연료는 빠르게 기화되고 균일하게 분포한다고 가정하였다. 라이너 벽의 공기 구멍에서 서로 다른 공기량이 제트 형태로 유입되기 때문에, 연소기 출구에서의 온도 분포가 불 균일하게 된다.

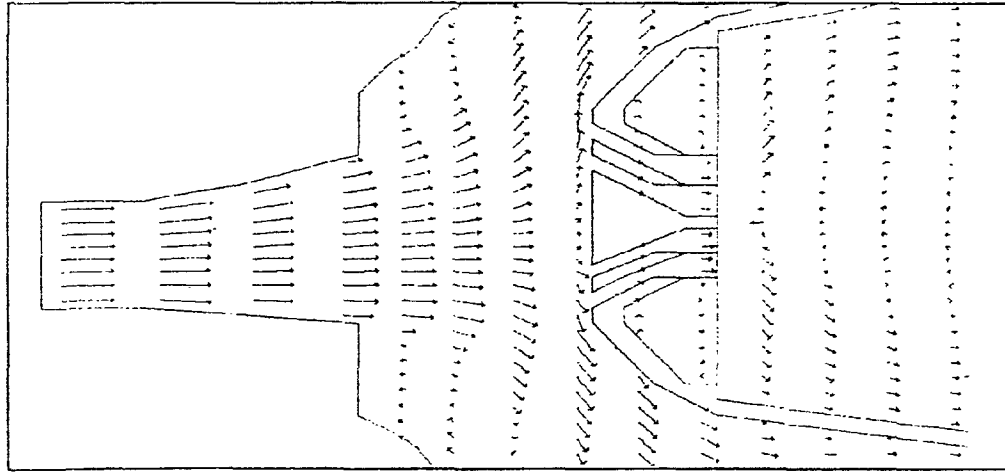
계산된 결과는 연소가 일어난 경우에 $Z_{diff} = 0.285$, $Z_{total} = 1.523$ 이며, 속도장과 온도장은 그림(2.10) ~ 그림(2.12)에 제시되었다. 온도장의 불 균일 계수 $\theta_h = 0.14$, $\theta_{max} = 1.27$ 이다.

2. 라이너 냉각 시스템

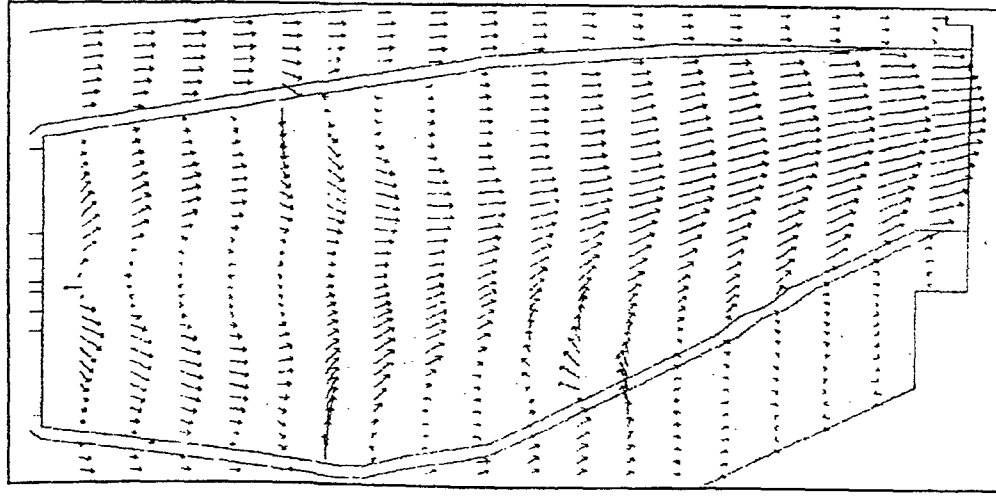
엔진 냉각 방식으로 많이 이용되는 film-cooling 방식을 채택했으며, 가장 열 용력이 큰 take-off(hot day, $T_2^* = 780$ K, $P_2^* = 1.69$ MPa)인 조건에서 계산하였다. 2 차원 계산 프로그램을 사용하였으며, 복사량은 라이너 중간에서 800 kW/m², gas-collector에서 400 kW/m²으로 설정하고, 라이너 공기 구멍 전후의 압력차는 P_2^* 의 0.04 배로 전체 라이너 표면에서 균일하다고 가정하였다. 계산



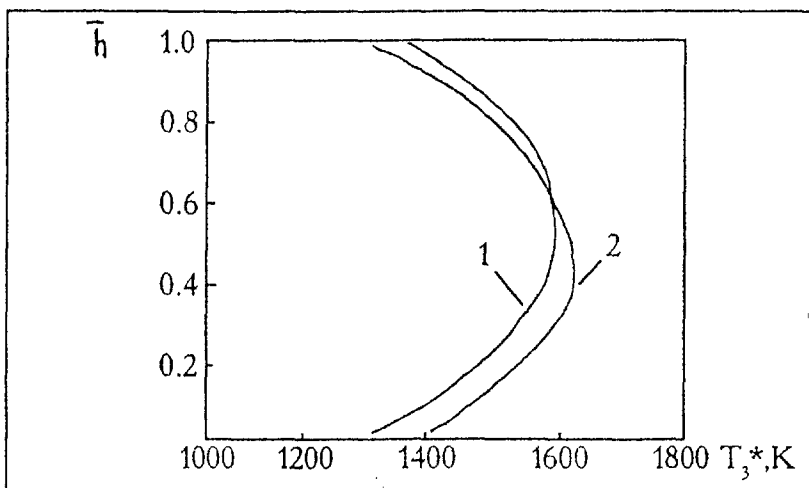
그림(2.9) Vector velocity flow field in the combustor diffuser
(software AEROCHAM)



그림(2.10) Vector velocity flow field in the plane of burners (I)
(software AEROCHAM3)



그림(2.11) Vector velocity flow field in the plane of burners (II)
(software AEROCHAM3)



그림(2.12) Temperature pattern at the end of the liner

(1 - in the plane of burner, 2 - in the plane between burners)

에 사용된 라이너의 기하학적인 형상은 표(2.3)과 같다

표(2.3) 라이너의 기하학적인 형상

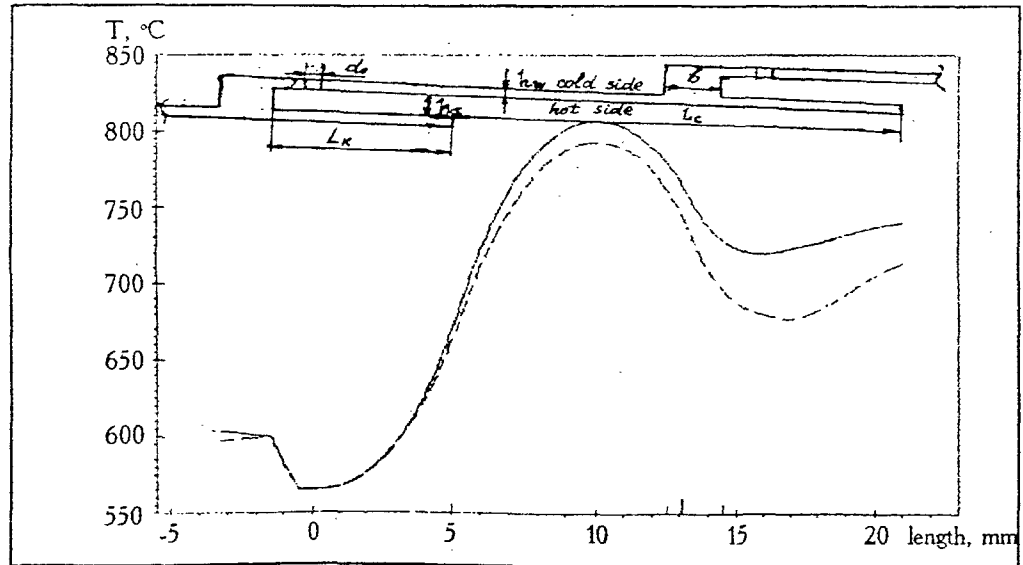
Liner wall thickness	1.2 mm
Slot height	2 mm
Length of lips	6.5 mm
Diameter of holes	1.0 mm
Space between holes	3.3 mm
Section length	16 mm

화염에 접하는 부분과 반대 방향에 대한 온도 분포를 화염 복사가 최대인 라이너 중간 부분(그림(2.13) 참조), 가스 속도가 최대인 gas-collector(그림(2.14) 참조)에서 계산하였다. 라이너에서의 최고 온도는 라이너 중간에서 약 810 °C이다. 그림(2.15), 그림(2.16)은 열 응력을 계산한 것이다. 축 방향 응력은 원주 방향에 비해 훨씬 적으며, 원주 방향 응력은 section length가 24 mm일 때 계산된 값인 400 MPa 보다 작은 300 MPa이다. 즉 section length를 작게 함에 따라 원주 방향의 응력을 감소시킬 수 있었다.

3. 배기 가스 성분

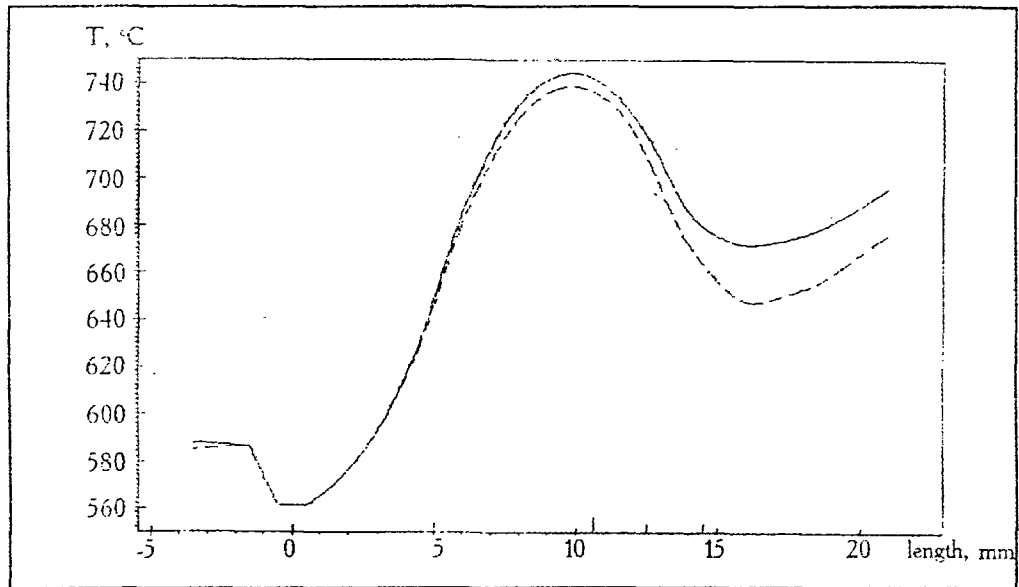
연소기의 주된 오염 물질은 HC, CO, NO_x, smoke 입자 등이다. 여기서는 엔진 압축비, 이착륙 사이클 등 연소기의 운전 조건에 따른 NO의 emission index(EINO)를 나타내었다. 연소기의 외경을 바꾸고, 1 차년도 방법과 같이 수행한 결과 take-off 조건의 경우 EINO가 다음과 같다.

$$V = 0.0336 \text{ m}^3$$



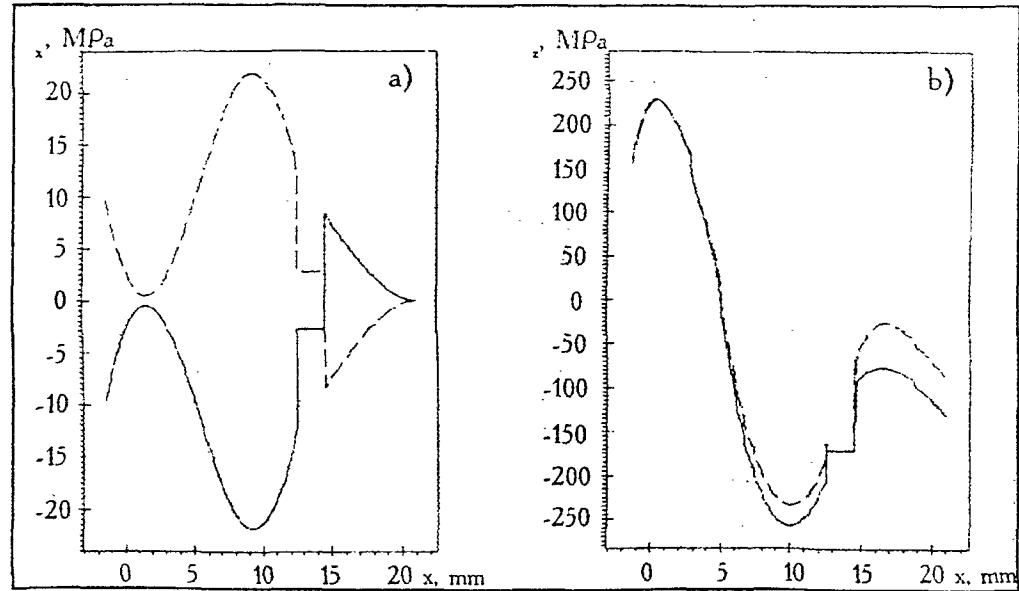
그림(2.13) Wall temperature distribution along section in middle part of liner

(—— hot surface, cold surface)

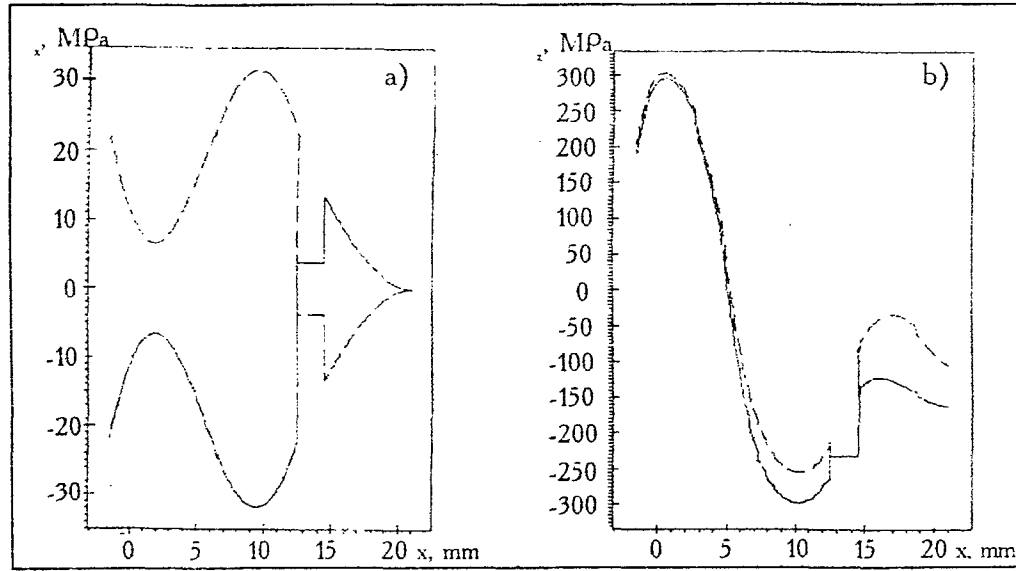


그림(2.14) Wall temperature distribution along section in gas collector

(—— hot surface, cold surface)



그림(2.15) Distribution of axial(a) and circumferential(b) thermal stresses
in wall along the section in middle part of liner
(—— hot surface, cold surface)



그림(2.16) Distribution of axial(a) and circumferential(b) thermal stresses
in wall along the section in gas collector
(—— hot surface, ······ cold surface)

$$\begin{aligned}
 P &= 1.382 \text{ MPa} \\
 T &= 670 \text{ K} \\
 m_a &= 31.62 \text{ kg/s} \\
 \text{EINO} &= 13.6 \\
 \text{EINO}_{\text{cor}} &= 13.4
 \end{aligned}$$

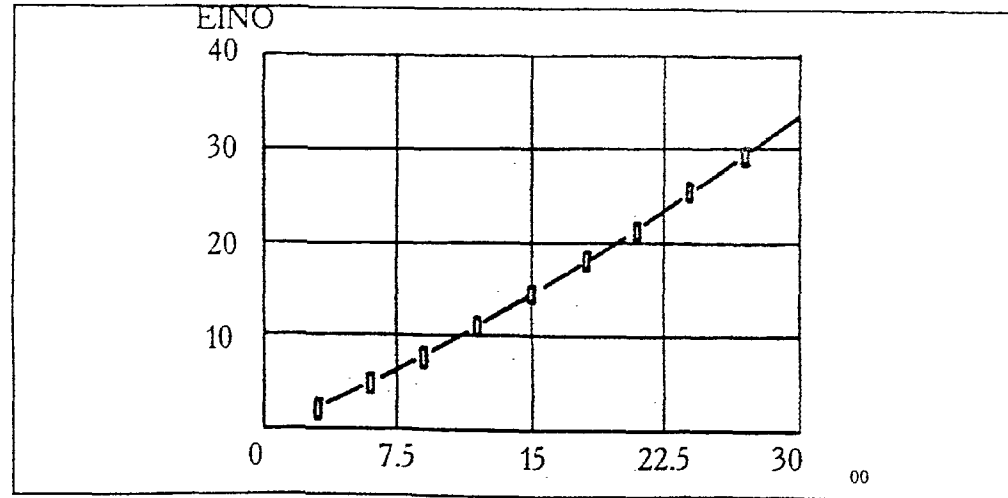
연소기 안에 가스가 머무는 잔류 시간은 공기 유동, 밀도, 라이너 체적으로 정의되는데, 설계 변경에도 불구하고 거의 실제적으로 변하지 않으며, 최신 연소기와 비슷한 $t_{\text{res}} = 0.0074$ 초이다.

표(2.4)는 연소기 입구에서의 최대 온도, 최대 압력인 경우 계산 결과인데, NO 배출물의 최대치는 온도가 최대치가 될 때 발생한다.

표(2.4) 연소기 배기 가스의 분석

	Max. Inlet Temp.	Max. Inlet Pres.
V_{FT}	0.0326 m ³	0.0326 m ³
P_2^*	1.69 MPa	20.5 MPa
T_2^*	780 K	620 K
\dot{m}_a	33.26 kg/s	50.9 kg/s
t_{res}	0.0074 sec	0.0074 sec
EINO	27.24	10.4
EINO _{cor}	24.42	10.16

1 차 년도의 계산 결과와 비교해 약간 감소했는데, 이는 연소실 내의 속도 감소와 잔류 시간의 감소 때문이다. 엔진 압력비에 따른 NO_x의 emission을 그림(2.17)에 나타냈으며, 엔진 입구에서의 초기 압력을 1.034 MPa, 온도를 288.1



그림(2.17) NO emission index versus compression ratio for new annular combustor at $P_0 = 1.034 \text{ MPa}$, $T_0 = 288.1 \text{ K}$

K로 선정하고 잔류 시간은 0.0074 초로 계산하였다.

전체 이착륙 사이클에 따른 NO 배출 물의 자료는 위의 자료를 갖고 쉽게 계산할 수 있다.

4. 연소기 출구에서의 온도 분포

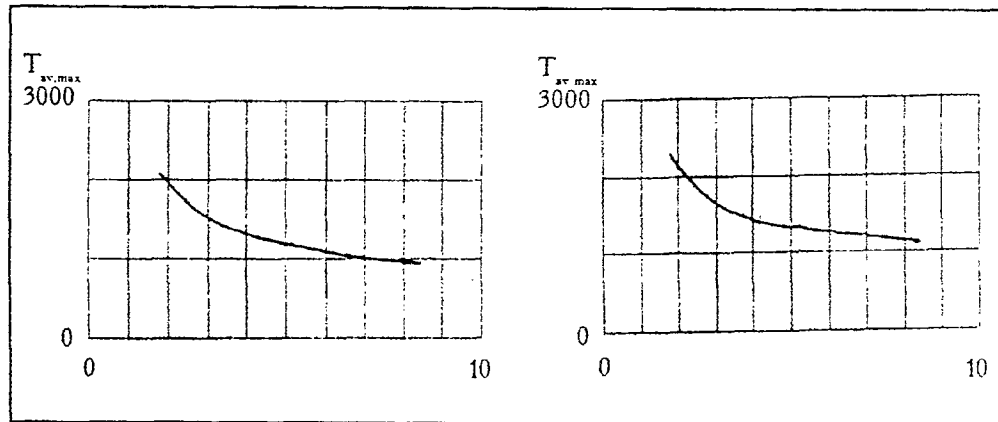
연소기 출구에서의 온도 분포는 다음과 같은 2 개의 주요 계수로 특징 지워진다.

$$\theta_h = \frac{(T_{j,AV})_{\max} - T_2^*}{T_3^* - T_2^*}, \quad \theta_{\max} = \frac{(T_j)_{\max} - T_2^*}{T_3^* - T_2^*}$$

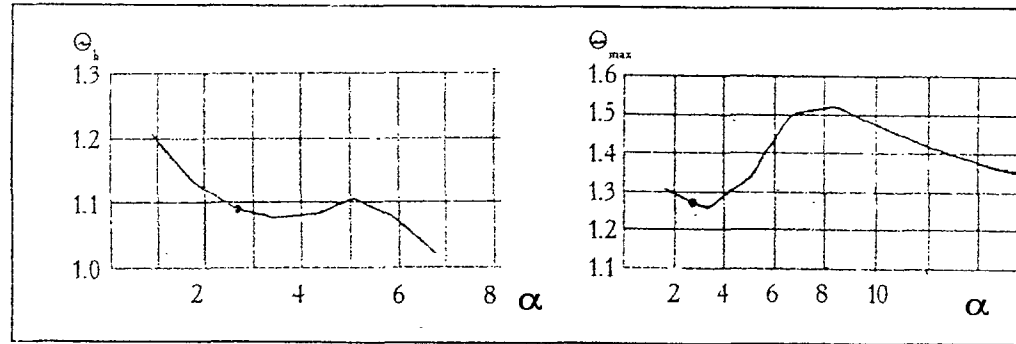
$(T_{j,AV})_{\max}$ 는 j 지점에서 원주 방향의 평균 온도에서 얻어진 최대값이고, θ_h 는 터빈 로터 운전 조건에 중요한 평균 온도 분포의 불 균일성을 나타낸다. $(T_j)_{\max}$ 는 각 부분의 최대치 중에서의 가장 높은 값이고, θ_{\max} 는 turbine guide vanes의 운전 조건에 중요한 값으로, 부분적으로 존재하는 온도 분포 불 균일의 최대치를 나타낸다. θ_{\max} 는 SAPRCAM 프로그램을 이용하여 1.26으로 계산된 바 있다.

연소기 운전 조건과 연소기 기하학적 인자 들을 맞추고, 공기 과잉 계수를 변화시키며 계산한 결과를 그림(2.18), 그림(2.19)에 제시하였다.

Take-off 조건일 때($\alpha = 2.7$), θ_h 는 1.1이며, 공기 과잉비가 6 까지 증가하여도 θ_h 는 거의 변하지 않는다. Take-off 조건에서 θ_{\max} 는 최소값이 되며, 공기 과잉비에 크게 의존하는데, 이는 라이너 인자의 영향 뿐만 아니라, 주 연소 영역에서 나오는 유출 가스의 온도 분포에 크게 영향을 받기 때문이다. θ_h , θ_{\max} 는 공기 과잉비의 변화에 비단조적으로 의존하나, 연소기 출구에서의 $T_{av-\max}$, T_{\max} 는 공기 과잉비가 증가함에 따라 단조 감소한다. 특정한 α 에 대한 $T_{av-\max}$, T_{\max} 를 표(2.5)에 비교 제시하였다.



그림(2.18) Variation of θ and θ_h versus air excess ratio
for annular combustor



그림(2.19) Variation of maximum gas temperature at the combustor exit

표(2.5) α 에 대한 T_{av-max} , T_{max} 의 변화

α	T_{av-max}	T_{max}
1.75	2070 K	2288 K
2.6	1639 K	1795 K
3.47	1419 K	1539 K

여 백

제 3 장 연소기 시험법

연소기 test rig 및 그 작동을 위한 기본적인 요구 조건들을 이번 장에서 기술하기로 한다.

제 1 절 Test rig 설계

연소기 test rig를 설계할 때는 다음에 열거한 사항들을 고려하여야 한다.

- (1) 가능한 많은 연소 영역을 볼 수 있도록 한다.
- (2) 압축기 출구 속도 분포 및 선회각을 유지할 수 있도록 한다.
- (3) 시험 시간을 줄이기 위해 수냉식 rake 및 자동화된 이송 장치를 갖 추는 것이 바람직하다.
- (4) 연소기 모델을 시험 장치에 장착할 때는 열 팽창에 의한 변형을 방지할 수 있도록 주의한다.
- (5) 유동 중에 맥동이 없도록 주의하며, 특히 공명이 일어나지 않게 주의한다. 맥동은 연소 및 열전달을 인위적으로 증가시키며, 측측을 부정확하게 한다.

제 2 절 시험의 종류

일반적으로 다음에 열거한 5 종류의 시험이 요구되며, 고압 조건, 대기압 조건, 고공(저압) 조건 등에서 시험을 수행해야 한다.

- (1) 점화 시험

- (2) 화염 안정성 시험
- (3) 열전달 측정
- (4) 연소 효율 및 배기 가스 측정
- (5) 출구 온도 분포 측정

아래에 각 시험에 대해 자세히 기술하기로 한다.

1. 점화 시험

엔진의 점화는 지상 또는 고공 조건에서 이루어지므로, 일반적으로 점화 시험은 대기압 조건 및 고공 조건에서 수행된다. 점화 시험의 procedure는 다음과 같다.

10 분 동안 purge한 후에

- (1) 요구되는 공기 유량을 설정한다. 일반적으로 정격 유량의 1/2 이하의 값에서부터 시작한다.
- (2) spark를 발생시킨다.
- (3) 연료를 공급한다. 일반적으로 spark가 5 번 튀기는 동안(high energy system), 또는 4 초 동안(high tension system) 연료를 공급한다. 점화가 안될 경우 'no-light' 조건으로 표시한다. 다시 10 분 동안 purge한 후에 공기 유량을 감소시키고 위 과정을 반복한다.
- (4) 점화가 되면 공기 유량을 증가시키면서 위 시험을 반복한다.

표(3.1)에 점화 시험 및 화염 안정성 시험을 위한 test sheet의 전형적인 예를, 표(3.2)에 record sheet의 예를 나타내었다.

점화 성능은 액적 크기에 크게 영향을 받으므로, 점화 시험은 여러 종류의

Æ(3.1) Ignition and stability test sheet

Combustor Test Number	Air Nozzle Identification Barometer Pressure		Operator Date						
Atomizer	Time	Start	Finish						
Ambient Conditions @ Compressor Inlet	Cond. No.	Air Inlet Conditions			Fuel Conditions			Ignit. Yes/No	Rich or Weak Ext.
		Temp	Pressure Upstream Back		Vel Head	Main P _j Flow Temp			
Temp. K	A 1				Purge 10 minutes				
Press. Pa.	A 2				Purge				
Relative % Humidity	A 3				Purge				
	A 4				Purge				
Fuel	A 5				Purge				
Igniter	A 6				Purge				
Box Energy J	A 7				Purge				
	A 8				Purge				
Spark Rate No/s	A 9				Purge				
	A 10				Purge 10 minutes				
Test Cell Data									
Temp. K	Remarks								
Press Pa.									
Relative % Humidity									

(3.2) Ignition and stability test record sheet

Test No.		Technician				Date						
Combustor		D_{ref}	m	A_{ref}	m^2	d	m	A_{it}	m^2			
		V_{PZ}	m^3	V_T	m^3							
Atomizer		F.N., Main			Cone Angle, Main			Area of Air Passages m^2				
		F.N., Pilot			Cone Angle, Pilot							
Fuel		$\rho @ 288K$										
		$\sigma @ 288 K$	$N m^{-1}$	$@$	K	$N m^{-1}$	$@$	K	$N m^{-1}$			
		$\mu @ 288 K$	$m^2 s^{-1}$	$@$	K	m^2/s	$@$	K	$m^2 s^{-1}$			
Ambient Conditions		Temp. K		Press Pa		Humidity - Relative %						
Compressor Inlet						Absolute $kg.kg^{-1}$						
Cond No	Inlet Air			Fuel				Ignition	ϕ Overall	ϕ PZ	Rich or Weak	Remarks
	Temp	Press	m_a	Temp	m_f	ΔP_j	SMD					
	K	Pa	$kg.s^{-1}$	K	$kg.s^{-1}$	Pa	$10^{-6}m$					
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
Igniter		Box Type			Box Energy J			Spark Rate		per.s		
		Est. Plug Energy										
Misc.												

atomizer를 사용하여 수행하는 것이 바람직하며, 여러 종류의 연료를 사용할 경우, 각 연료에 대해 수행하는 것이 필요하다. 점화 성능에 공기 및 연료 온도의 영향도 매우 크다. 공기 및 연료의 온도를 고공 재점화 조건의 값까지 낮출 수 있는 경우에는, 상압에서 실험을 하여도 의미있는 실험 data를 얻을 수 있는 반면, 온도를 낮출 수 있는 장치가 없는 경우에는 Odgers/Carrier 온도 보정 계수를 이용한 보정이 필요하다.(The Design and Development of Gas Turbine Combustor, 1980)

점화 시험 수행시, 특별히 안전 및 인체 유해 물질에 대한 주의물 기울여야 한다. 배기 가스에는 높은 농도의 탄화수소가 포함되어 있기 때문이다. 특히 'no-light'가 수차례 반복된 후에는 배기 가스 중의 탄화수소 농도는 더욱 증가하게 된다.

2. 화염 안정성 시험

화염 안정성 시험의 일반적인 procedure는 다음과 같다.

10분 동안 purge한 후에

- (1) 용이한 조건 하에서 점화한 후 공기 유량을 요구되는 값에 고정시킨다.
- (2) 점차적으로 공급 연료량을 줄인다. 적절한 변화량은 30 초당 5 % 정도이다.
- (3) 화염이 꺼질 때까지 연료량을 줄여서 "weak extinction point"를 찾아낸다.
- (4) 이 과정을 역으로 반복하여 "rich extinction point"를 찾아낸다.
- (5) 공기 유량을 바꾸어 가면서 "weak extinction point"와 "rich extinction point"를 찾아낸다.

- (6) "weak extinction point"와 "rich extinction point"가 만나게 되는 꼭지점의 값을 얻을 때 까지 위 과정을 반복한다.

화염 안정성 시험을 위한 test data sheet와 test record sheet는 표(3.1)과 표(3.2)에 보여진 바와 같다.

일반적으로 화염 안정성 시험은 1 개의 압력 조건(일반적으로 대기압) 하에서 수행되며, 그 결과는 θ 곡선(그림(3.1) 참조)으로 나타내거나 fuel loading group에 대해 그려진다(그림(3.2) 참조). 이 곡선들은 주어진 data 분산 범위 안에서 다른 작동 조건 하에서의 화염 안정성을 예측하는데 사용될 수 있다.

점화 시험에서와 마찬가지로, 화염 안정성에 대한 액적 크기의 영향은 여러 종류의 atomizer를 사용함으로써 결정될 수 있다.

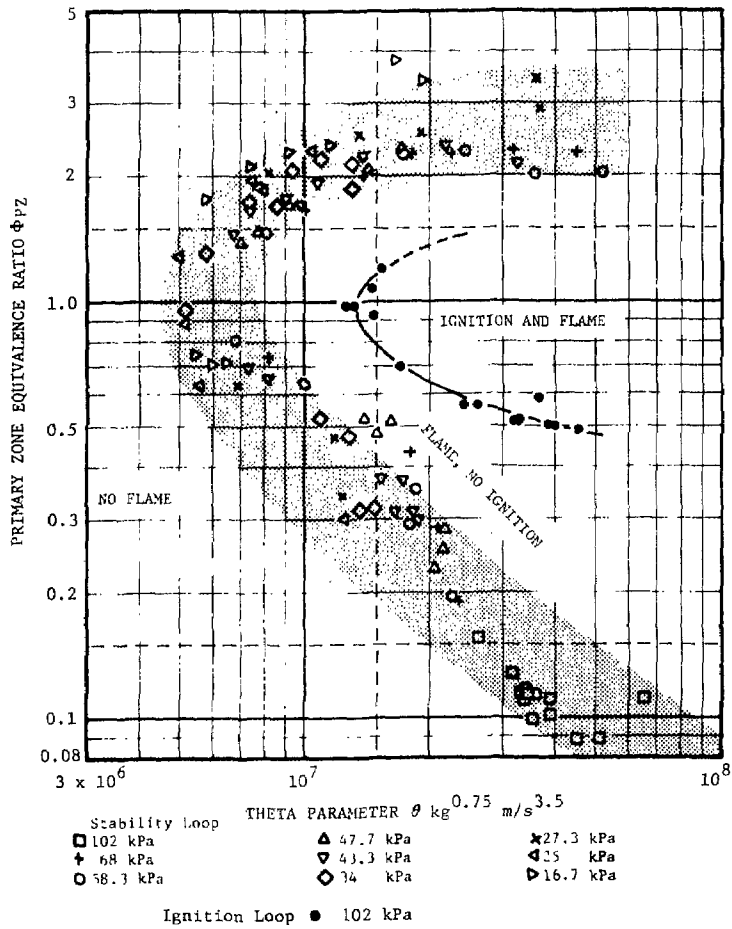
3. 연소기 열전달 측정

연소기 라이너 벽온도를 측정하기 위해서는 열지시 paint, 벽에 장착된 열전대, 온도 지시 금속, optical pyrometer 등이 사용된다.

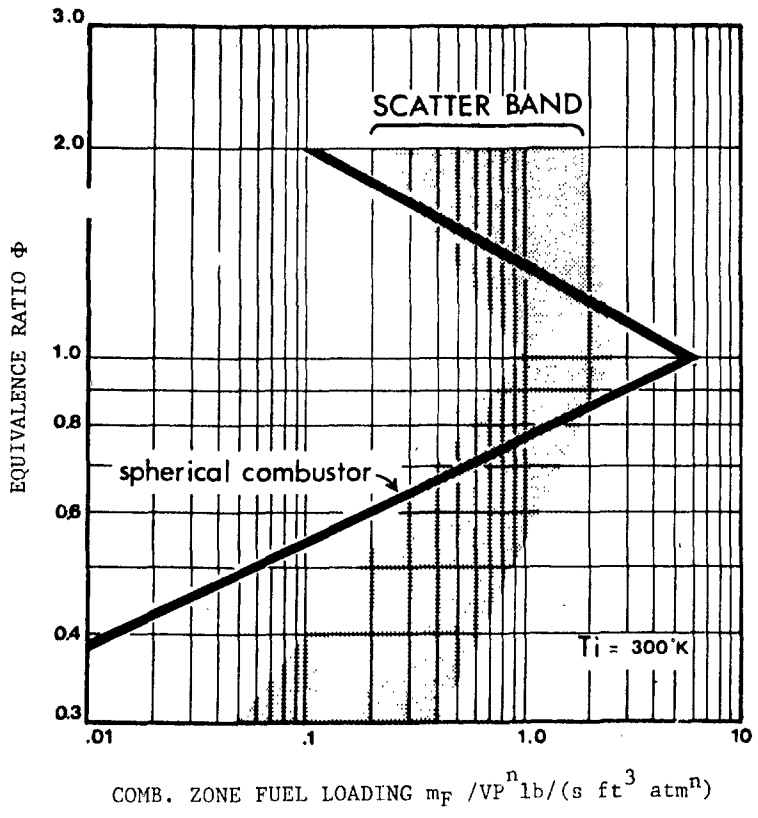
열지시 paint를 사용할 때는 정해진 시간(약 15 분)안에 완만하고 빠르게 작동 조건에 도달하고 완만하게 화염을 소화시키는 과정이 요구된다. 열지시 paint를 이용한 측정으로는 ± 30 K 이상의 정확도를 얻기는 힘들다. 한편, 열전대를 사용하면 ± 20 K 이내의 정확도를 얻을 수 있으며, 주의 깊게 측정을 하면 ± 10 K의 정확도를 얻을 수 있다.

대기압 상태에서 라이너 벽온도가 측정되면, 공기/연료 비가 같고 시험 조건에서 멀지 않은 조건에서의 라이너 벽온도를 다음에 제시한 간단한 관계식으로부터 구할 수 있다.

$$(T_{w,2} - T_{w,test}) = (T_{3,2} - T_{3,test})$$



그림(3.1) Ignition and extinction characteristics for combustor



그림(3.2) Scatter band for stability limits

여기에서 $T_{w,2}$ 는 새로운 조건 하에서의 벽온도, $T_{w,test}$ 는 시험 조건(이 경우 대기압 조건)에서의 벽온도, $T_{3,2}$ 는 새로운 조건 하에서의 연소기 입구 온도, $T_{3,test}$ 는 시험 조건에서의 연소기 입구 온도를 나타낸다. 물론 열지시 paint를 사용하여 국부적인 고온부를 찾아낸 후, 위 관계식을 이용하여 다른 조건에서의 고온부의 온도를 구할 수 있다.

4. 연소 효율/배기 가스 측정

연소 효율은 원래 연소기 출구 평면 상을 움직이는 열전대 probe에 의해 측정된 온도로 부터 측정되었다. 이 경우 측정 오차는 $\pm 2\%$ 이상인 경우가 대부분이고 $\pm 5\%$ 이상인 경우도 있다. 이 방식은 아주 높은 연소 효율이 요구되는 최선의 연소기 효율을 측정하는데는 부정확하다. 요즈음은 연소 효율 측정을 위해 gas 분석법이 사용된다. Gas 분석의 표준 방법은 SAE ARP 1256에 기술되어 있다. 기본적으로 gas 분석에 의해 두 종류의 값이 정해진다.

- (1) 정확한 carbon balance
- (2) 미연소 또는 부분 연소된 성분의 정확한 측정

위의 값들을 정하기 위해 최소한 CO_2 , CO , HC 의 분석이 필요하며, 좀더 정확한 측정을 위해서는 H_2 , O_2 , N_2 및 H_2O 의 분석이 추가로 필요하다. 국부적인 gas 채집을 통해 연소기 내부 한 지점에서의 조성 및 연소 효율을 알아낼 수 있으며, gas sampling probe와 온도 측정 probe를 압력 probe로 대체함으로써 연소기 출구 압력분포를 얻을 수 있다. 표(3.3)에 gas 분석, 온도 측정 및 압력 측정을 위한 전형적인 test sheet의 예를 나타내었다.

Gas sampling 방식의 정확도를 검증하기 위해 gas분석에 의해 얻어진

(3.3) Combustor efficiency/pollutant test sheet

Combustor
Test No.
Atomizer
Fuel

Air Nozzle Identification
Barometric Pressure
Time Start Finish
Igniter

Operator
Date
Purge
Igniter Box

Condition	Test Cell	Ambient at Comp. Inlet	Combustor, Air Inlet	Fuel Conditions		Remarks
				Main	Pilot	
Temp. Press. Back Press. Velocity Head. Rel. Humidity.						

Temperature traverse											
Line \ No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean
A											
B											
C											
D											
E											
F											
G											
H											

Velocity traverse											
Line	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Mean
A											
B											
C											
D											
E											
F											
G											
H											

Peak Repeat

Overall Mean

Overall Mean

GAS ANALYSIS

CO ₂	HC
CO	N ₂
H ₂	H ₂ O
O ₂	NO _x

carbon balance와 연료와 공기량을 측정하여 얻어진 carbon balance 간의 비교가 필요하다. 비교 결과가 $\pm 5\%$ 이내이면 만족할 만한 결과로 받아들일 수 있으나, modeling 등을 위한 보다 정확한 분석이 필요한 경우에는 $\pm 1\%$ 정도의 정확도가 요구된다. Gas sampling과 분석에 의해 얻어진 연소 효율의 정확도를 검증하기 위해서는 gas 온도를 별도로 정확하게 측정하여야 한다. 이 경우에는 pulse thermocouple이 이용되기도 한다. HC의 농도가 높은 상태에서는 gas sampling 장비가 오염되기 쉬우므로 사용후 세밀한 청소 작업이 요구된다.

연소 효율을 측정하기 위해서는 최소한 CO_2 , CO, HC와 NO_x 의 분석이 요구된다. 일반적으로 연소 효율과 CO, 또는 연소 효율과 HC 간에 관계가 존재하며, CO 또는 HC의 측정을 통해 연소 효율을 알아낼 수 있다. 이론 최고 연소 온도를 추정하기 위해서는 NO_x 의 분석이 요구된다.

5. 연소기 출구 온도 분포

터어빈과 노즐 guide vane의 수명은 연소기 출구 온도 분포에 의존하므로, 관계되는 모든 조건 하에서의 온도 pattern factor의 측정이 요구된다. 온도 측정을 위해서 thermocouple이 사용되며, 일반적으로 K-type(chromel/alumel)이면 충분하나 1300 K가 넘는 고온에서는 촉매 작용을 방지하기 위해 silica등이 입혀진 B-type(Pt/Pt-Rh)이 사용된다. Thermocouple이 장착된 rake를 이송하면서 온도 분포를 측정하는 것이 보편적인 방식이며, thermocouple에는 radiation shielding이 필요하다.

온도 분포를 정확하게 측정하기 위해서는 많은 지점에서의 측정이 요구되는데, 일반적으로 10 cm의 너비에 8 개 정도의 thermocouple이 등면적비에 따라 분할 배치된 rake가 사용된다. 온도 분포 측정을 위해서 요구되는 시험 조건은 full power, sea level, maximum altitude cruise 조건 등이다.

항공기 엔진용 연소기에는 20 % 이하의 traverse quality와 5 % 이하의

radial traverse quality가 요구되며, 산업용 엔진에는 각각 10 % 이하의 traverse quality와 3 % 이하의 radial traverse quality가 요구된다.

6. 압력손실 측정

일반적으로 연소기 압력 손실은 입·출구에서의 전압력의 차이를 입구에서의 정압으로 나눈 값으로 정의되며, 다음과 같은 관계식으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{\Delta P_t}{P_s} = k(Ma)^n, \quad n \approx 2$$

$\Delta P_t/P_s$ 는 2 ~ 3 개의 다른 시험 조건 하에서 정확히 측정되어야 하며, 이를 바탕으로 구해진 지수 n 을 사용하여 다른 작동 조건에서의 압력 손실을 추정할 수 있다.

제 3 절 분할 연소기(sector) 시험과 그 중요성

항공기용 엔진에 사용되는 대형 환형 연소기에는 극히 많은 유량이 요구되므로 연소기를 분할하여 만든 분할 연소기(sector)를 사용한 시험이 바람직한 경우가 많다. 그러나, 분할 연소기에 존재하는 옆벽면 때문에 유동 및 열전달이 간섭을 받게되며, 이것이 연소기 시험에 미치는 영향을 아래에 기술하였다.

1. 입구 유동

입구 유동이 균일한 속도 분포, 또는 swirl이 없는 불균일한 속도 분포를 갖고 있을 때는, 속도 분포를 동일하게 맞추어 주고 시험을 하면 sector test를 통해 의미 있는 data를 얻어낼 수 있다. 그러나, 많은 양의 swirl을 sector 안에서 만들어 주기는 어려우며, 이 경우에는 전체 연소기를 사용한 시험이 필요하

다.

2. 연소기 유동

분할 연소기 안에서의 유동은 옆벽면에 의한 효과, corner 효과 등을 제외하면 환형 연소기 안에서의 유동과 일치하여야 한다. 그러나, swirl이 존재하는 연소기에서의 유동은 분할 연소기 안에서 재현시키기 어렵다. 일반적으로 swirl은 동일한 방향성을 갖고 있으며, 이 경우 연소기 안에는 원주 방향의 유동이 존재한다. 이 원주 방향의 유동은 injector 사이에 존재하는 유동의 차이를 평준화시키는 효과를 갖는데, 이와 같은 원주 방향의 유동은 분할 연소기 안에서 재현시키기 어렵다. 분할연소기를 사용하여 시험을 할 때 주의해야 할 점은 양쪽 끝에 있는 injector에서 측정된 data를 취해서는 안된다는 것이다.

3. 점화 시험

점화 plug를 분할 연소기의 중심선 부근에 위치시키고 시험을 하여야 하며, 분할 연소기 시험으로 전체 연소기를 사용한 시험과 같은 결과를 얻을 수 있다.

4. 화염 안정성 시험

Can-annular 연소기에서는 분할 연소기 시험으로 전체 연소기 시험과 같은 결과를 얻을 수 있으나, 환형 연소기에서는 분할 연소기 옆벽면에 의한 열지연 효과가 큰 경우, 잘못된 결과가 나올 수 있다. 이것을 피하기 위해서는 화염의 소화가 아주 천천히 이루어져야 한다.

5. 연소 효율과 배기물

연소 효율이 아주 높은 경우를 제외하고는 분할 연소기 시험으로 실제 연

소기에서와 같은 결과를 얻을 수 있다. 연소 효율이 아주 높은 경우 ($\eta > 0.98$), 분할 연소기 옆벽면 때문에 CO 및 HC의 분석에 오차가 생길 수 있다. 오차의 크기는 다음에 열거한 사항에 의존한다.

- i) 분할 연소기 aspect ratio
- ii) 분할 연소기 크기
- iii) injector 수
- iv) 옆벽면에 연료가 튀는 정도

6. 열전달

분할 연소기의 옆벽면으로부터 연소기 casing으로의 열복사에 의한 열전달에 대해 보정을 해주면 실제 연소기에서와 같은 시험 결과를 얻을 수 있다.

7. 출구 온도 분포

분할 연소기 옆벽면에 가까운 부분에서는 실제와 다른 분포를, 분할 연소기 중심부에서는 실제와 근사한 분포를 갖는다.

8. 압력 손실

분할 연소기 시험으로 실제와 근사한 압력 손실을 측정할 수 있다.

제 4 절 계측

개스터어빈 엔진에 대한 공해 규제 조항들이 엄격해짐에 따라 배기 가스를 연속적으로 계측할 수 있는 계측 장비의 필요성이 대두되었고, 연소기 내의 온도가 점점 높아짐에 따라 새로운 온도측정 기법들이 필요하게 되었다. 아래

에 많이 사용되고 있는 계측 기법들을 기술하였다.

1. 온도 측정

연소기 개발을 위해서는 공간적·시간적으로 조밀한 온도 측정이 요구된다. 표(3.4), 표(3.5)에 온도 측정 방법과 그 한계를 정리하였다.

가. 열전대 프로브(Thermocouple probe)

Thermocouple을 사용하여 온도를 측정할 때는 열전도, 열복사, 촉매 작용, recovery factor의 변화 등으로부터 발생하는 측정 오차를 줄이거나, 보정하는 노력이 필요하다. 열전도와 촉매 작용에 의해 발생하는 측정 오차는 용이하게 줄일 수 있는데, 촉매 작용에 의한 오차는 접점을 silicon oxide 또는 beryllium oxide로 피막을 입힘으로써 방지할 수 있다. 열복사, recovery factor의 변화 등에 의해 발생하는 오차는 probe shielding으로 극복할 수 있다. 열복사에 대한 오차 보정은 다음에 주어진 식으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{K_{rad}}{\sqrt{Ma \cdot P / P_o}} \left(\frac{T_i}{T_o} \right)^{3.82} \left[1 - \left(\frac{T_d}{T_i} \right)^4 \right]$$

- 여기에서 K_{rad} : 열복사 보정 계수
 Ma : Mach 수 (probe 주변 유동)
 P : 정압
 P_o : 기준점에서의 정압, 1 atm
 T_i : probe가 지시하는 온도
 T_o : 기준온도, 555K
 T_d : 주변 duct의 벽온도

⌘(3.4) Intrusive temperature measurement methods

<u>Method</u>	<u>Temperature Measured</u>	<u>Spatial Resolution</u>	<u>Temporal Resolution</u>	<u>Additional Measurement</u>	<u>Corrections</u>	<u>Limitations in Combustor Measurement</u>
Thermocouples	Gas Total	Point 2 - 10 mm	1 - 10 sec	none	Calibration for geometry	Change of radiative heat transfer due to soot and particle interference. Erosion and Corrosion
Pyrometer Suction	Gas Total	Point 4 - 10 mm	5 - 10 sec	none	Calibration for geometry	Erosion, oxidation and clogging
Pyrometer Pneumatic	Gas Total	Point 4 - 10 mm	< 1 min	Static press press drop and temp	Calibration for geometry	Erosion, oxidation and clogging
Fluidic Sensor	Gas Total	Point 4 - 10 mm	5 sec 0.5-1.5 sec with compensation.	Press Transducer	Compensation and Calibration	Clogging, erosion manufacturing tolerances
Thermocouple	Surface	Point 1 - 4 mm	< 1 min	none	Calibration	Conduction and thermal properties of surface accuracy
Thermal Paints	Surface	Point ± 2 mm and overall	--	Reference sample strip preparation	none	Short time application only. Effect of foreign chemical.

(3.5) Non-intrusive temperature measurement methods

<u>Method</u>	<u>Temperature Measured</u>	<u>Spacial Resolution</u>	<u>Temporal Resolution</u>	<u>Additional Measurement</u>	<u>Corrections</u>	<u>Limitations in Combustor Measurement</u>
Optical Spectral/Line Reversal	Static Gas Temp	Line of sight integral	2 - 10 sec	Reference source calibration	Emissivity variations	none
Optical Color Method	Static Gas Temp	Line of sight integral	10 sec	none	Emissivity variations	Large foreign particles
Nuclear Radiation	Static/ Total Gas Temp	Line of sight average	100 m sec	Pressure	Calibration	Detector sensitivity at low densities Accuracy
Radiation Pyrometer	Surface Temp	Point 2.5-6.0 mm	10 m sec	none	Calibration	Emissivity change contamination of optics Degradation of optics
Infrared Photography	Surface Temp	Point 1.5 mm overall	--	none	none	Emissivity changes with time

를 나타낸다. 한 겹으로 shield된 probe에 대한 보정 계수(K_{rad})는 thermocouple 직경에 관계없이 약 0.8이며, shield되지 않은 probe에 대한 보정 계수는 다음 식으로 주어진다.

$$K_{rad} = 2.5d^{0.45}$$

여기에서 d 는 mm로 표시된 thermocouple의 직경을 나타낸다.

Thermocouple의 반응 속도는 probe와 그 주변 유동의 특성에 따라 정해지며, 다음에 제시한 시간 상수로 나타낼 수 있다.

$$\tau = \frac{\tau_o}{\sqrt{Ma \cdot P / P_o}} \cdot \left(\frac{T_o}{T_i} \right)^{0.18}$$

여기에서 τ_o : 기준 시간 상수, 초

τ : 시간 상수, 초

이며 다른 변수들은 전술한 바와 같다. Shield되지 않은 thermocouple probe에 대해 기준 시간 상수는 다음의 관계식으로 주어진다.

$$\tau_o = 0.52d^{1.15}$$

한겹으로 shield된 probe에 대한 기준 시간 상수는 위 경우에 비해 현저히 크며 다음의 관계식으로 주어진다.

$$\tau_o = 1.19d^{1.4}$$

Thermocouple probe의 신뢰도를 지속적으로 보장하기 위해서는 점점에 보호 피막을 입히는 것이 필요하다. 이것은 반응 속도를 느리게 하므로, 주어진 조건에 적합한 probe를 선택할 때 이 두가지 요소를 모두 검토해야 한다.

그림(3.3)에 unshielded thermocouple probe와 shielded thermocouple probe의 예를 제시하였다.

나. 표면 열전대(Surface thermocouple)

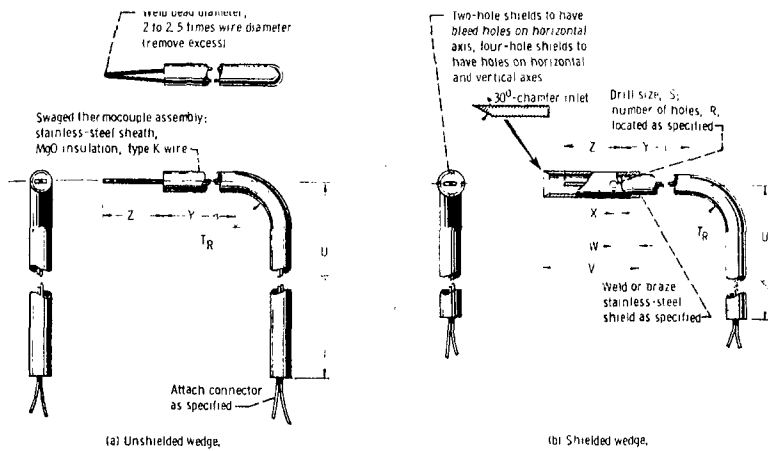
표면 온도를 측정하기 위해 thermocouple을 사용할 때 주의해야 할 사항은 thermocouple을 부착할 때 기존의 온도 분포를 교란하지 않도록 하는 것이다. 표면에 thermocouple을 부착하는 전형적인 예를 그림(3.4)에 제시하였다.

다. 열지시 paint(Thermal paint)

표면 온도를 측정하는데 매우 유용하게 사용되는 기법으로 열지시 paint를 사용하는 방법을 들 수 있다. 열지시 paint는 정해진 온도 이상의 온도에 노출되었을 경우 화학적 변화를 일으켜 영구적인 색상 변화를 나타내는 특성을 가지고 있다. 시험을 수행한 후 색상 변화를 관찰함으로써 온도, 온도 구배, 국부적 고온부 등에 관한 유용한 정보를 얻을 수 있다. 이 방식의 기본적인 개념은 새로운 것이 아니나, 고온·고속의 조건에서 열지시 paint를 사용하는 기술은 단기간에 습득하기 힘든 고난도의 기술이다. 열 지시 paint 기법에는 숙련된 색상 해독이 필수적인데, 숙련된 기술자에 의해 색상 해독이 이루어지는 경우 30 °C 이내의 정확도를 얻을 수 있다. 이 기법에 대한 자세한 소개는 Duffey에 잘 기술되어 있다.

라. 적외선 사진

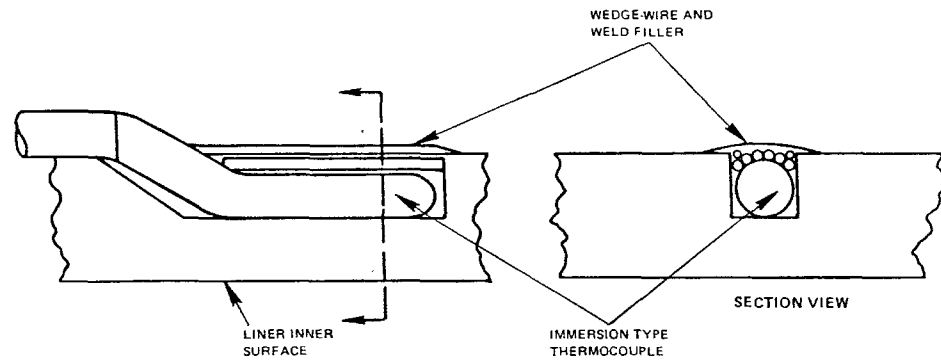
연소기 개발 시험에서 온도 분포를 측정하는데 유용하게 사용되는 기법이



Dimension	Relation
Z	15 Times wire diameter
S	Bleed-hole diameter
X	Linear dimension equal to S
W	Shield outside diameter plus X
V	Z plus twice shield outside diameter
T_R	2 Times sheath outside diameter, minimum
Y	1 Shield outside diameter, minimum, for shielded probe
U	Probe support length, as required

- NOTES:-
1. Probes subjected to high humidity should be baked at 425 K for 4 hours and a sealant applied to insulation at each end of swaged assembly.
 2. Probes in the combustor interior or exhaust plane, particularly when exposed to a large pressure difference across their length, require sealing so that hydrocarbons do not flow into the MgO insulation and form a low resistance region in the insulation. This does not bake out as readily as water does.

그림(3.3) Design details of shielded and unshielded thermocouple probes



그림(3.4) Typical wedge-wire themocouple installation

다. 표면 온도가 200 ℃ 이상인 경우에 온도 분포를 자세하게 보여주는 사진 촬영이 가능하며, 2~3 ℃의 정확도를 얻을 수 있다. 이 기법을 사용할 때 주의해야 할 점은 촬영 각도, 산화 물질의 표면 점착 등에 의해 표면의 emissivity가 변할 수 있다는 점이다. 그림(3.5)에 적외선 사진 기법에 의해 촬영된 온도 분포 곡선의 예를 제시하였다. 이 기법에 대한 자세한 소개는 Halpern(1961), McDaniel(1962), Camac(1962), Schetz(1976)에 기술되어 있다.

2. 속도 측정

연소기에서의 속도 측정은 유체 역학적, 열역학적 특성을 결정하는데 매우 중요한 과정이다. Diffuser, 라이너 주위의 환형 유로, 터빈 입구 등에서의 속도 분포는 연소기 성능 및 압력 손실을 결정하는 주요한 인자이다. 아래에 속도 분포 측정에 고려되어야 할 사항들을 기술하였다.

가. 일반적인 기법

Pitot tube를 사용하여 속도를 측정할 때, 정압이 균일하고 온도를 알고 있는 경우에는 pitot tube로 전압을 측정하고, 벽에서 정압을 측정함으로써 속도 분포를 결정할 수 있다. 정압이 균일하지 않은 경우에는 pitot-static probe의 사용이 필요하며, 유동 방향을 결정하는데 주의를 기울여야 한다. 연소기 내의 유동은 일반적으로 3 차원 유동이므로 5 공 tube를 사용하는 것이 바람직하다. 수냉식 probe나 백금으로 제작된 probe의 사용이 필요한 경우도 있으며, 이 경우에는 온도 측정이 동시에 요구되는 경우가 많다. 5 공 튜브 기법은 Lee(1956)에, 수냉식 probe와 백금으로 제작된 probe에 대해서는 Pengelley(1962), MacFarlane(1971)에 자세히 기술되어 있다.



$$T_O = 1500^{\circ}\text{F}, T_W = 655^{\circ}\text{F}, T'_W = 200^{\circ}\text{F}$$

그림(3.5) Thermographic image

나. Hot wire and hot film probe

이 기법으로 난류강도를 측정할 때는 다음의 사항들에 주의하여야 한다.

- i) Sensor는 국부적 측정이 가능하도록 충분히 작아야 한다.
- ii) Probe는 유동을 교란시키지 않도록 충분히 작아야 한다.
- iii) 유동 방향 및 속도를 측정할 수 있는 probe를 사용하여야 한다.
- iv) Probe 및 전자 장비의 반응 속도는 가장 빠른 속도 변화를 감지할 수 있도록 충분히 빨라야 한다.
- v) 출력 전압과 속도 간의 관계는 직선적인 것이 바람직하다.
- vi) Probe를 calibration할 때는 probe의 열전도 효과, 유체 특성치 및 압력의 효과 등을 고려하여야 한다.

이 기법을 이용하여 터보 팬 엔진의 연소기에서 난류 강도를 측정한 예를 Follansbee(1977)에서 찾아볼 수 있다.

다. Laser Doppler 속도계

연소 system 내·외부에서 유동을 교란시키지 않고 속도장을 측정할 수 있는 우수한 기법이나, 실제 연소 system에 성공적으로 적용하기 위해서는 광학 system 및 신호 처리 system의 설계에 주의를 기울여야 한다. 이 기법에 관한 자세한 설명 및 응용법은 Durst(1976)에 기술되어 있다.

3. 배기 가스 측정(Gas sampling)

배기 가스 측정의 목적은 크게 두 가지로 압축할 수 있다.

- i) 연소기 성능을 CO 또는 미연 HC의 농도 측정을 통해 결정하기 위함

ii) 배기 가스 공해 규정에 맞추기 위함

이 기법의 원리는 간단하다. 배기 가스 측정을 조성 변화없이 채취, 냉각시켜 분석 장치로 보내는 것이다. 연소기 개발 시험 및 성능 시험 중에 안정된 성분의 농도 측정은 보편적인 수냉식 probe 기법을 이용하여 수행할 수 있다. 이 기법에 대한 자세한 설명은 Tine(1961), Toone(1959), Toone(1960), Fristrom(1961)에 주어져 있다. 이 기법을 사용할 때는 다음의 3 가지 사항에 주의하여야 한다.

- i) 유동의 교란
- ii) Probe 및 채취관 내에서의 반응
- iii) 공간적인 분포

유동중에 삽입된 sampling probe는 probe 입구에서의 속도가 주변의 속도와 같지 않으면 유동을 교란시키게 된다. 등속도 채취 방식은 특히 gas 중에 고체/액체 입자가 섞여 있을 경우에 요구되는데, 입자의 크기가 $10\ \mu\text{m}$ 이하일 때는 속도 차이에 의한 오차가 미미하나, 그 이상일 때는 오차가 무시할 수 없을 정도로 커진다. 등속도 채취가 요구될 경우에는 probe 입구에서의 정압이 주변 유동의 정압과 같도록 조절한다.

온도가 1,500 K 이상일 때는 CO, NO, SO₂, HC 간에 반응이 일어날 수 있으며, probe 설계시 이와 같은 사항이 고려되어야 한다. 또한 probe 재질이 이 반응에 촉매 효과를 갖지 않도록 선정되어야 한다. 1,000 K에서 1,500 K 사이의 온도에서는 가장 빠른 속도로 일어나는 반응을 정지시키기 위해 $10^5\ \text{K/sec}$ 정도의 냉각 속도가 요구되며, 1,000 K 이하에서는 $10^4\ \text{K/sec}$ 정도의 냉각 속도면 충분하다. 고압 system에서는 probe 입구에서 채취 gas를 금팽창시킴으로써

충분한 냉각을 얻을 수 있으나, 이 방식은 등속도 채취를 어렵게 한다. 보다 보편적인 방식은 수냉식 방식이나, 채취 gas의 온도가 이슬점 이하로 떨어지게 되면, NO 및 SO₂가 응축수에 흡수되게 되고, HC가 응축되는 경우가 있으므로 주의하여야 한다. 이를 방지하기 위해 수증기 또는 고온유(hot oil)에 의한 가열방식이 채택되기도 하는데, 그 예를 그림(3.6)에 제시하였다.

산화, 환원 반응 및 채취관 내에서의 NO_x의 감소 등을 방지하기 위해 채취관의 재질은 stainless steel 또는 Teflon으로 하는 것이 바람직하며, 채취 gas가 채취관 안에 머무르는 잔류 시간은 2 초 이내로 하는 것이 요구된다.

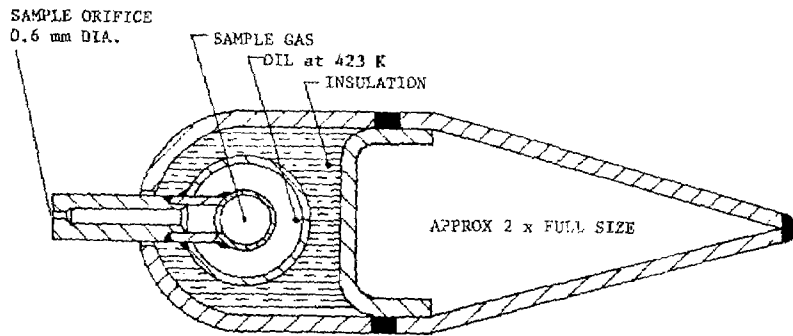
공간 분포의 문제는 연소기 출구에서의 성분 농도 구배가 급격하다는 데에 기인한다. 따라서 평균 농도를 구하기 위해서는 많은 지점에서의 측정이 필요하게 되는데, 측정 rake를 이송하는 도중에 농도가 시간에 따라 변하면 오차가 발생하게 된다.

일반적으로 등면적 채취 방식이 사용되며, 채취 지점 간의 속도 차이에 대한 보정을 해야한다. 많은 경우에 분석에 필요한 시간을 단축시키기 위해 모든 채취 지점을 공통의 채취관에 연결시키기도 한다. 채취 probe system의 대표성을 검증하기 위한 유용한 방법은 주어진 조건 하에서의 연료/공기비와 채취 gas 분석에 의해 구해진 연료/공기비를 비교하는 것이며, 이 결과에 따라 probe system을 보정하는 것이 필요하다.

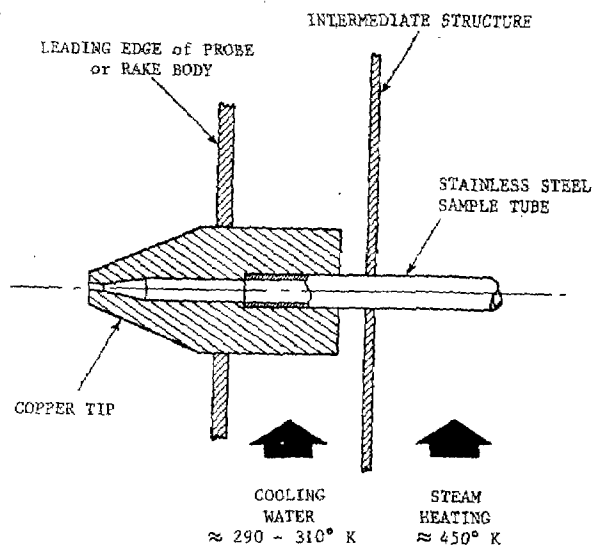
4. Smoke 측정

Smoke는 연소 과정에서 발생하는 미연 탄소 입자로 크기는 0.01 μm에서 1 μm 사이이며, 여러 개의 입자가 모여 chain 형태를 이루고 있다. 모든 smoke 측정 기법은 간접 방식이며 크게 두 종류로 분류할 수 있다.

i) 배기 가스에 의한 빛의 차단 또는 absorption에 기초한 광학적 방법

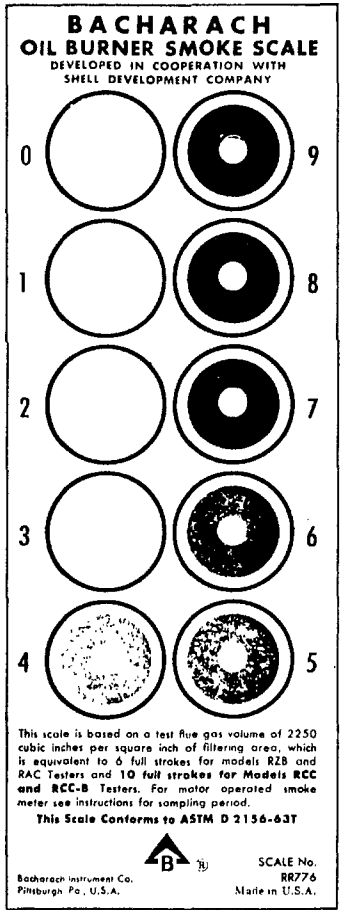


A. OIL HEATED PROBE

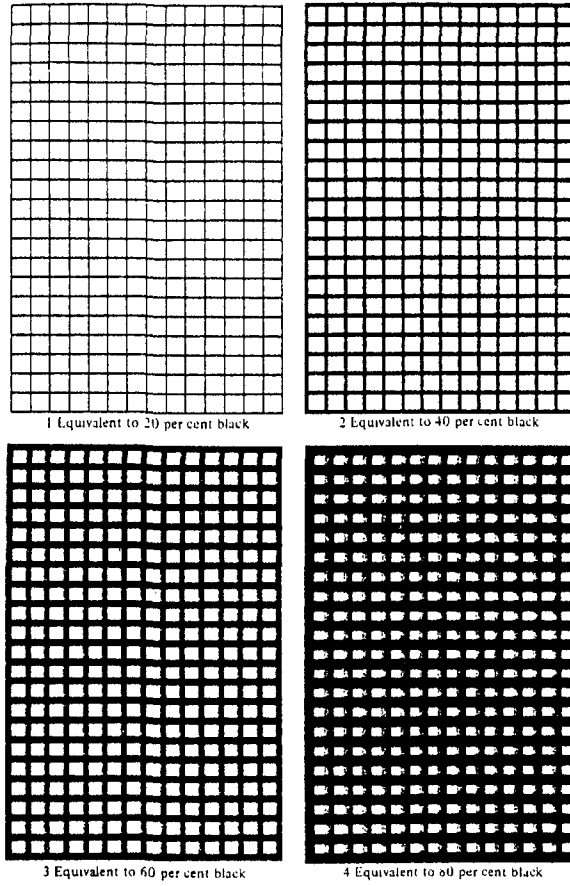


B. STEAM HEATED PROBE

그림(3.6) Steam and oil heated gas sampling probes



그림(3.7) Bacharach smoke spot chart



(Reference U.S. Bureau of Mines Information Circular 8333, 1967)

그림(3.8) The Ringelmann chart

3.6 EPA gas turbine landing and take-off cycle

Class T ₁ , T ₂ , T ₃ and T ₄ Engines			P ₂		T ₅	
Mode	Percent Power	<u>Time</u> In Mode (min)	Percent Power	<u>Time</u> In Mode (min)	Percent Power	<u>Time</u> In Mode (min)
Taxi/Idle (out)	As Specified By Manufacturer	19.0	As Specified By Manufacturer	19.0	As Specified By Manufacturer	19.0
Take-Off	100	0.7	100	0.5	100	1.2
Climb	85	2.2	90	2.5	65	2.0
Decent	NA	NA	NA	NA	15	1.2
Approach	30	4.0	30	4.5	34	2.3
Taxi/Idle (in)	As Specified By Manufacturer	7.0	As Specified By Manufacturer	7.0	As Specified By Manufacturer	7.0
	Total Time -	32.9	Total Time -	33.5	Total Time -	32.7

Note: T₁ Class - Turbofan and turbojets rated less than 35.6 KN thrust (8000 lb). (Except T₅ class)

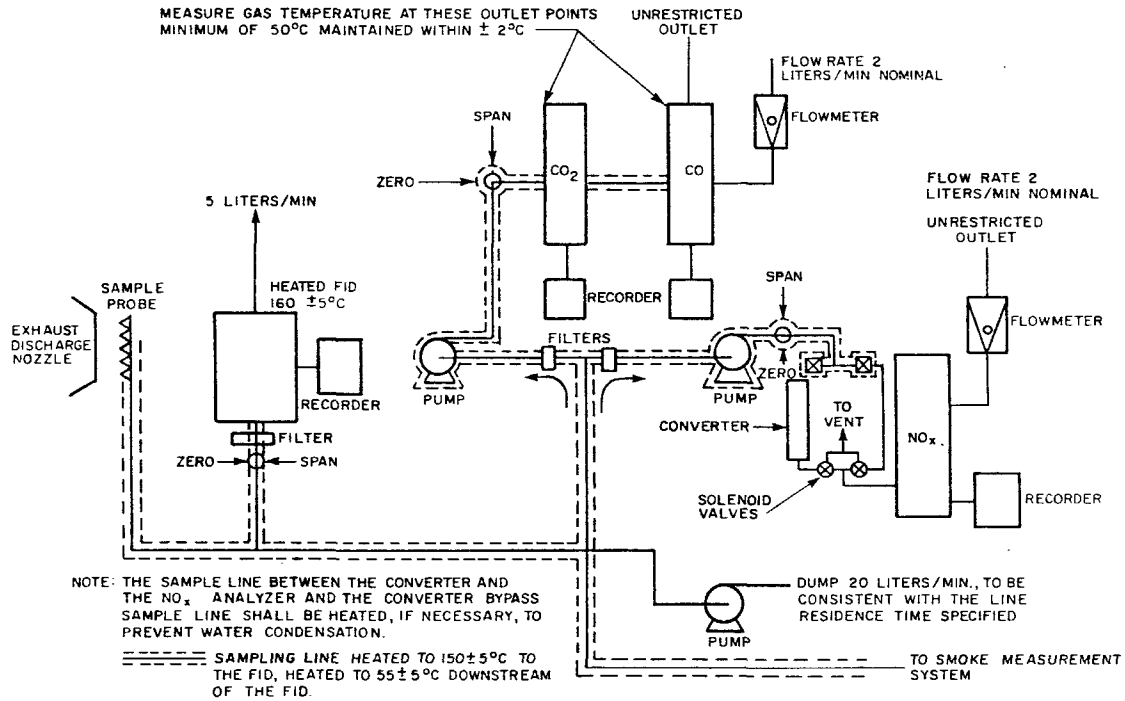
T₂ Class - Turbofan and turbojets (Excluding T₃, T₄ and T₅) greater than 35.6 KN thrust

T₃ Class - All turbine engines of the JT3D family

T₄ Class - All turbine engines of the JT8D family

T₅ Class - All turbine engines designed for supersonic flight

P₂ Class - All aircraft turbo-propeller engines



그림(3.9) Sampling system schematic

ii) Filter를 사용하여 배기 가스로 부터 smoke를 채취하는 방법

일반적으로 광학적인 방법은 회석되지 않은 배기 gas를 측정하는데 적합하고, filter를 이용하는 방법은 회석된 배기 gas와 회석되지 않은 배기 gas 모두의 측정에 사용될 수 있다.

광학적 방법으로서 그림(3.7)에 제시한 것과 같은 표준화된 도표와 배기 가스를 비교하는 방법이 있고, filter를 이용한 방법으로 1.3 ft³의 배기 gas를 1 in²의 filter에 통과시킨후 그림(3.8)에 제시한 것과 같은 표준화된 도표와 비교하는 방법이 있다. 이외에도 다양한 방법이 있으며, 자세한 설명은 Wassell, Society of Automotive Engineers(1970) 등에 수록되어 있다.

5. 배기 가스 측정 시스템

미국의 EPA(Environmental Protection Agency)에서 배기 가스 측정을 위한 표준화된 절차를 제시한 바 있으며, 이는 U.S. Environmental Protection Agency(1973, 1978)에 자세히 기술되어 있다. 여기에서는 표준화된 절차와 연소기 배기 gas 측정시 발생하는 문제점들에 대해 간략하게 요약하기로 한다.

EPA에서 제시한 항공기 엔진 배기 gas 규제를 위한 표준화된 이착륙 cycle(L.T.O. cycle)을 표(3.6)에 제시하였다. 이 cycle은 CO 배출을 억제하기 위해 저출력 상태에 비중이 많이 주어져 있다.

EPA 절차에는 sampling probe, 재질, 형상, 유동 등이 구체적으로 제시되어 있다. 채취된 배기 gas를 분석 장치에 보내는데 필요한 시간은 2 초 이내로, 채취관의 길이는 80 feet 이내로, 온도 범위는 150 ± 5 °C로 제한되어 있다. EPA 절차에 따른 채취 및 측정 system의 전반적인 개념도를 그림(3.9)에 제시하였다.

배기 gas 측정 data의 편차에 관련된 문제는 크게 2 종류로 구분된다.

- i) 측정 system의 정확도
- ii) 배기 물질 배출 정도의 변화

측정 system의 정확도는 채취, 계측, calibration gas 등과 연관된 불확실도 (uncertainty)에 의존하고, 배기 물질 배출 정도의 변화는 아래에 열거한 시험 조건과 밀접한 관계를 가지고 있다.

- i) 엔진 작동 조건
- ii) 시험 환경
- iii) 연료 특성
- iv) 엔진 간의 차이

제 5 절 유동 가시화

연소기 개발의 초기 단계에 투명한 창을 갖고 있는 모델 연소기를 사용하여 유체 역학적 설계 특성 및 성능 특성을 정성적으로 검증하는 것이 필요하다. 이 모델 연소기를 이용하여 할 수 있는 시험으로는 라이너 외부의 유동 특성, 연소기 각 요소 간의 유량 배분, 유동 박리의 제거, 압력 손실의 측정 등을 들 수 있다. 라이너 내부 유동이나 연소기 각 부분의 유동 간의 간섭 등은 정성적으로 관찰하는 것도 매우 어렵다. 수류 모델을 이용한 유동 가시화는 연소기 개발에 있어 유용한 기법으로서 잘 알려져 있다.

1. 수류 모델 유동 가시화

수류 모델 유동 가시화의 많은 경우에 상사성이 성립하지 않을 때가 많으

나, 이 경우에도 가시적으로 관찰된 특성들은 매우 유용한 정보를 제공해 준다. 대부분의 gas turbine 연소기와의 실질적인 비교를 위해서는 잘 발달된 난류 유동을 만들어 주는 것 만으로 충분할 때가 많다. 유동 가시화를 위해 사용되는 고체 입자로는 알루미늄 입자, 원형의 폴리스티렌 입자(밀도가 물과 비슷함), 유리 입자, 플라스틱 가루 등이 있으며, 밀도와 점도가 비슷한 액체 염료가 사용되기도 한다. 수류 모델을 이용한 유동 가시화의 예를 Clarke(1963), Graydon(1967), Poyser(1971), Sotheran(1971) 등에서 찾아볼 수 있다.

2. 화염 사진

보편적인 사진 기법은 사용이 간편하기는 하나, 유용한 정보를 얻기에는 한계가 있어 잘 이용되지 않는다. 고속 사진으로는 flame front의 이동과 같이 빠르게 진행되는 현상의 촬영이 가능한데, Schlieren이나 shadow graph 기법과 함께 사용되기도 한다. 광원으로는 고속 spark system, 레이저 등이 사용된다.

3. 분무 사진 및 액적 크기 측정

Spark나 pulsed laser system을 이용한 사진 기법은 분무 액적의 크기를 측정하는데 이용되어 왔다. 짧은 시간 간격을 두고 이중으로 촬영한 사진을 통해 액적의 이동 방향 및 속도를 동시에 측정하는 기법도 사용된다. 사진 기법을 통해 측정할 수 있는 액적 크기의 최소치는 Rayleigh기준에 의해 주어진다.

$$d_{\min} = 1.22 \frac{f}{D}$$

여기에서 f와 D는 각각 렌즈의 초점 거리 및 직경을 나타낸다. TV 화상을 처리하여 Sauter 평균 직경, 크기 분포 등을 처리하는 system이 사용되기도 하는데, 화염이 존재하는 경우에는 화상이 변형되는 단점이 있다.

제 4 장 연소기 성능 시험 장치

본 연구에서 제작된 연소기의 성능 시험을 위해서 러시아 중앙 항공 엔진 연구소(CIAM)의 성능 시험 장치를 이용하였다. 또한, 성능 시험 장치 개발과 성능 시험 기술 개발을 목적으로 한국항공우주연구소에 자체 성능 시험 장치를 설계/제작하였다.

제 1 절 CIAM의 U-373 시험 장치

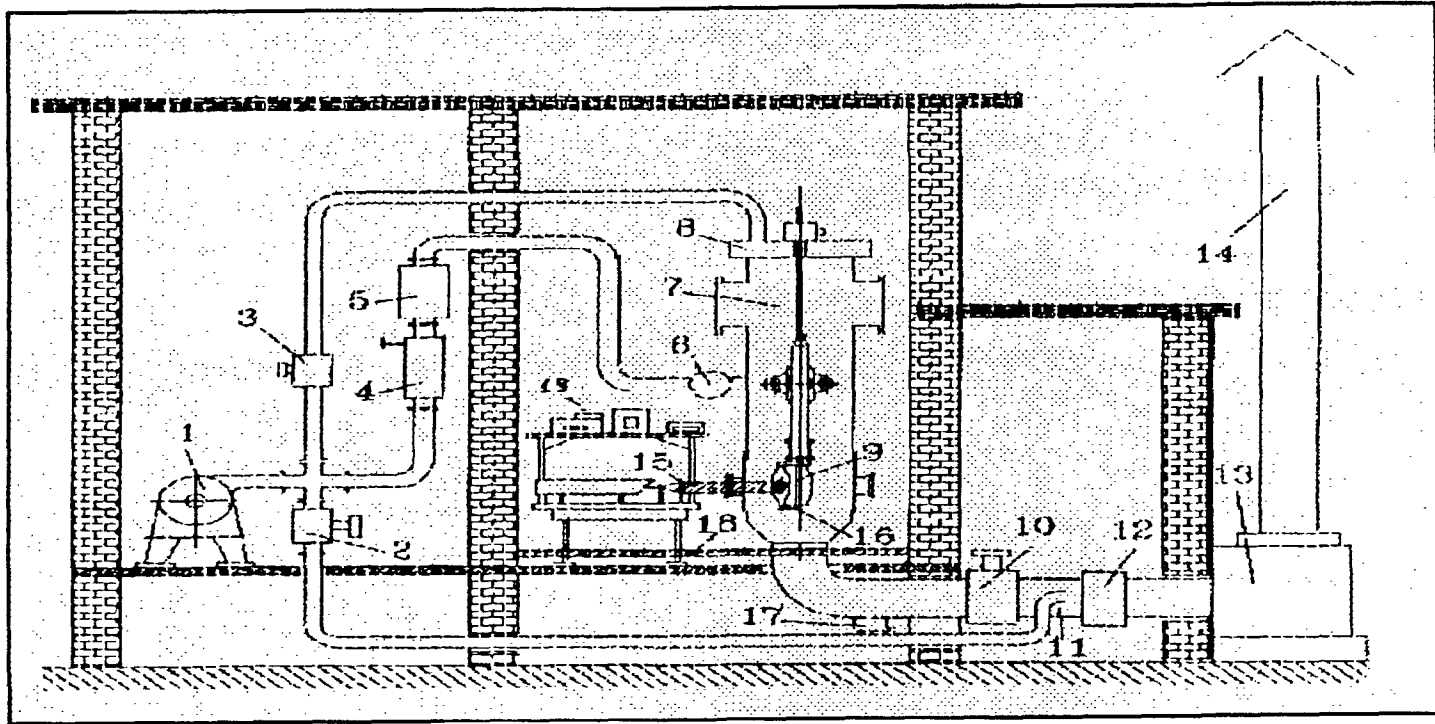
본 연구소와 과제를 함께 수행 중인 러시아 중앙 항공 엔진 연구소(CIAM)는 항공기용 엔진의 개발을 목적으로 하는 연구소로, 항공기용 엔진의 부품 시험 및 엔진 시험이 가능한 여러 종류의 성능 시험 장치를 보유하고 있다. 그 중 U-373 성능 시험 장치는 연소기의 주요 부품인 연료 분사 노즐과 연료 분사를 돕기 위한 공기 선회기 등의 개발 및 성능 개선을 위한 성능 시험 장치이다.

U-373 성능 시험 장치는 공기 공급 장치, 연료 공급 장치, 연소 가스 배기 장치, 시험 용 연소기의 2 차원 이송 장치 등으로 구성되어 있다. 그림(4.1)은 U-373 성능 시험 장치의 전체적인 개략도이고, 그림(4.2)는 U-373 성능 시험 장치의 연료 공급 장치 개략도이다.

그림(4.3)은 U-373 성능 시험 장치의 optical measurement 장치 개략도이다. Argon laser를 사용하며, 광원과 측정부는 고정 베드에 위치하고, 측정하고자 하는 연소기 compartment를 이송시켜 실험한다.

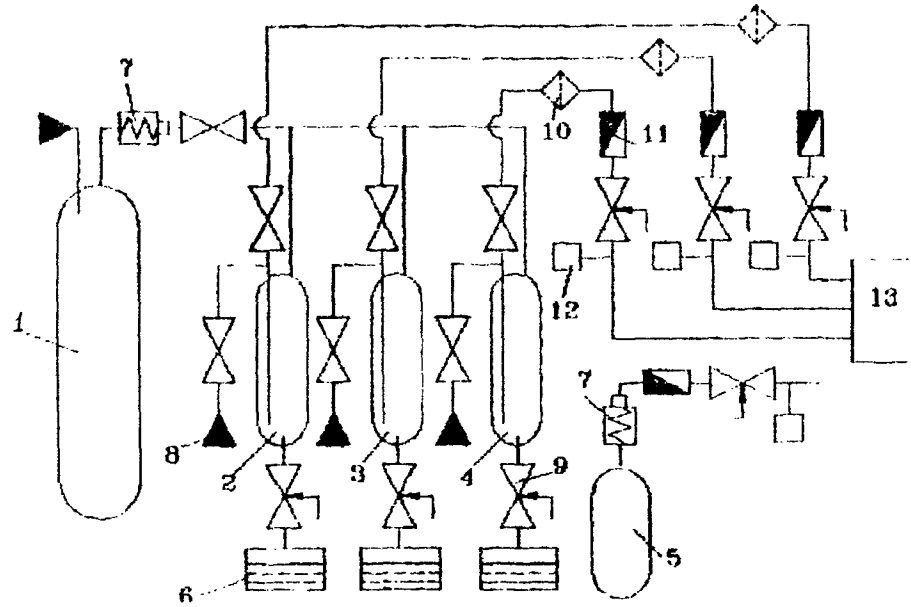
U-373 성능 시험 장치를 이용하여 가능한 시험은 다음과 같고, U-373 성능 시험 장치의 운전 영역은 다음의 표(4.1)과 같다.

- 연소기의 frontal device와 연소기 compartment의 공기 역학적 특성



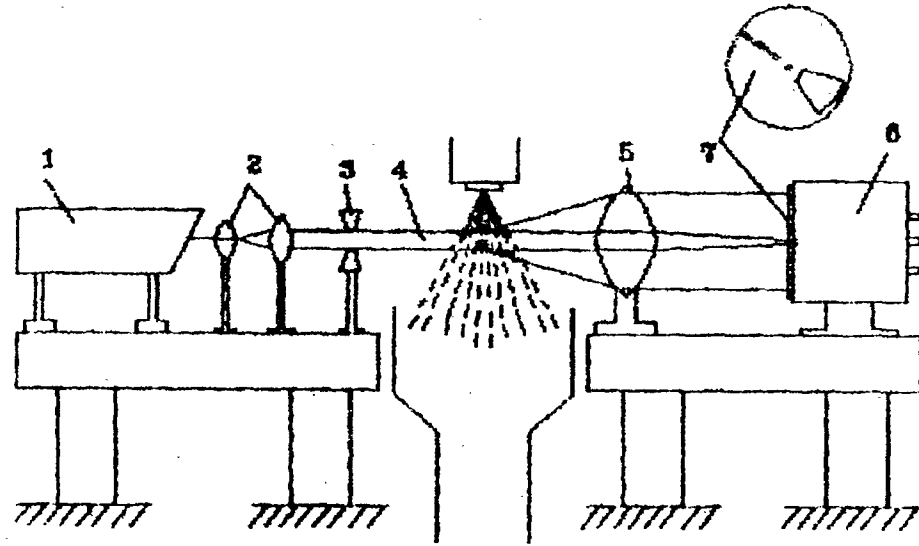
그림(4.1) U-373 성능 시험 장치 개략도

1- the compressor, 2 - the drain air valve, 3 - the auxiliary air valve, 4 - the air flow rate measuring device, 5 - the air electroheater, 6 - the air collector, 7 - the test chamber, 8 - the auxiliary air collector, 9 - the combustor, 10 - the hot throttel, 11 - the ejector, 12 - the afterburner, 13 - the muffler box, 14 - the exhaust tube, 15 - the laser set, 16 - the probes support, 17 - the drain hole, 18 - the antistatic floor, 19 - the apparatus shelf



그림(4.2) U-373 성능 시험 장치의 연료 공급 장치 개략도

- 1 - high pressure air-container (100 bar), 2 - water-container (150 bar).
- 3 - kerosene-container (150 bar), 4 - benzene-container (150 bar), 5 - propane container (16 bar), 6 - pour off tanks, 7 - pressure regulators, 8 - filling lines
- 9 - electric valve, 10 - filter, 11 - flow rate gauge, 12 - pressure gauge
- 13 - test chamber



그림(4.3) 광학 측정 장치의 개략도

1 - argon laser, 2 - beam expander, 3 - stop plate, 4 - laser knife,
5 - collecting lens, 6 - measurement device

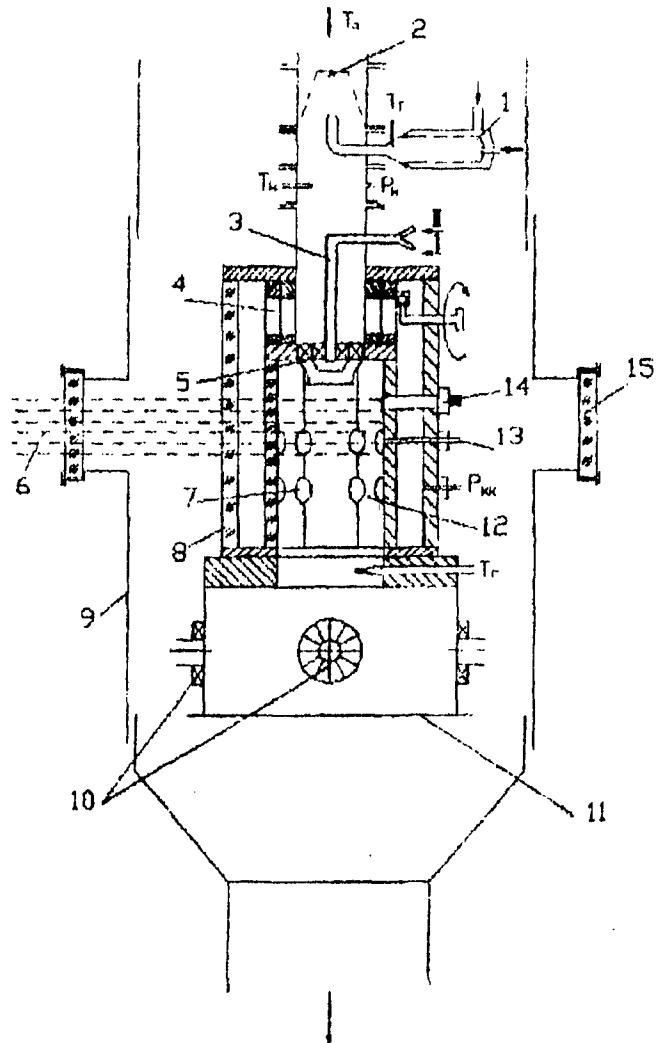
과 음향학적 특성 분석

- Laser beam을 이용한 연료 노즐에서 분사되는 연료의 액적 크기 및 fuel concentration 측정
- Infrared laser beam을 이용한 최적 점화 위치 결정
- 연소기의 주연소 영역에서 frontal device로 공급되는 공기량과 side jets로 공급되는 공기량 분포의 최적 상태 결정
- 연소기 compartment의 출구에서의 온도 분포 측정
- Lean blow-out의 경계점 측정

표(4.1) U-373 성능 시험 장치의 운전 영역

Parameter	Range
Total air mass flow rate	Max. 6.0 kg/s
Air temperature by electric heating	Max. 200 °C
Air temperature by gas preheating	Max. 330 °C
Air mass flow rate to the combustor models	Max. 1.5 kg/s
Pressure in the test chamber	0.5 ~3.0 bar
Mass flow rate of propane	Max. 2.0 g/s
Mass flow rate of kerosene	Max. 30 g/s

그림(4.4)은 U-373 성능 시험 장치에 장착하여 연료 분사 노즐 및 공기 선회기 등의 개발을 위한 one burner compartment이다. 각 부분의 명칭과 사용 목적을 표(4.2)에 나타내었다. One burner compartment는 frontal device와 단면이 8 각형으로 제작된 라이너, 4 각형의 단면으로 제작된 casing 등으로 구성되어 있다. 5 면이 quartz로, 3 면이 금속으로 제작된 라이너에는 2 단면에 직경 10 mm의 orifice가 각각 8 개씩 존재하며, liner와 casing은 frontal device



그림(4.4) One burner compartment의 개략도

- 1 - gas preheater, 2 - mixer, 3 - fuel nozzle, 4 - air distributor, 5 - front device, 6 - laser beam, 7 - primary holes, 8 - quartz casing, 9 - test chamber
 10 - swirlers, 11 - afterburner, 12 - quartz flame tube, 13 - acoustic tube
 14 - spark plug, 15 - test chamber windows

와 분리가 가능해서 연료 노즐의 작동 특성을 상세히 알기위한 frontal device 만으로 독립적인 실험이 가능하다. 분사된 연료의 액적 크기 측정을 위해서 frontal device만으로 독립적인 실험을 수행하는데, 이는 분사된 연료가 liner의 quartz를 오염시켜 광학적 접근을 어렵게 하기 때문이다.

표(4.2) One burner compartment의 각 부분의 명칭

번호	명 칭	비 고
1	공기 예열용 연소기	연료를 태워서 가열 공기 공급
2	공기 예열용 혼합기	원뿔대 형상, 옆면에 많은 orifices
3	연료 공급 튜브	Stainless steel pipe 이용
4	공기 배분기	라이너 내부와 환형 채널의 공기 분포 결정
5	연료 분사 노즐	Swirler는 포함되지 않을 수도 있음
6	Laser sheet	액적 크기 및 분포 등을 측정
7	연소기 라이너	8 각형으로 quartz를 이용하여 5 단면 제작
8	Quartz casing	4 각형으로 quartz를 이용하여 3 단면 제작
9	Casing	고압 시험을 위한, 개폐 조절 가능
10	After burner	Unburned fuel을 연소, 안전성 고려
11	연소기 출구	
12	Steel casing	
13	Microphone	연소 상태 측정, 압력 진동 측정
14	Spark plug	
15	Quartz windows	가압상태에서 laser sheet를 이용

라이너 금속판 한 면에는 스파크 플러그, 다른 면에는 라이너의 압력 게이지와 연결된 음파 게이지가 있다. 애프터 버너 전의 연소기 석영창 뒤에는 R형

열전대가 설치되어 있고, 애프터 버너는 점화 후의 연료나 화염 소멸 후의 연료를 연소시키며, 이는 공해 방지, 안전성 등의 목적을 위해 설치하였다.

그림에서 알 수 있듯이 입구에 공기 배분기가 있어 실제 연소기의 디퓨저에서 계산된 전압력 손실과 비교하여, 주연소 영역의 제트와 frontal device로의 공기 공급 유량을 조절할 수 있다. 공기 분배 조절로 덮개 근처에서의 유체 역학적 특성과 주연소 영역에서의 공기 과잉률을 실제 연소기와 같이 해결 수 있다.

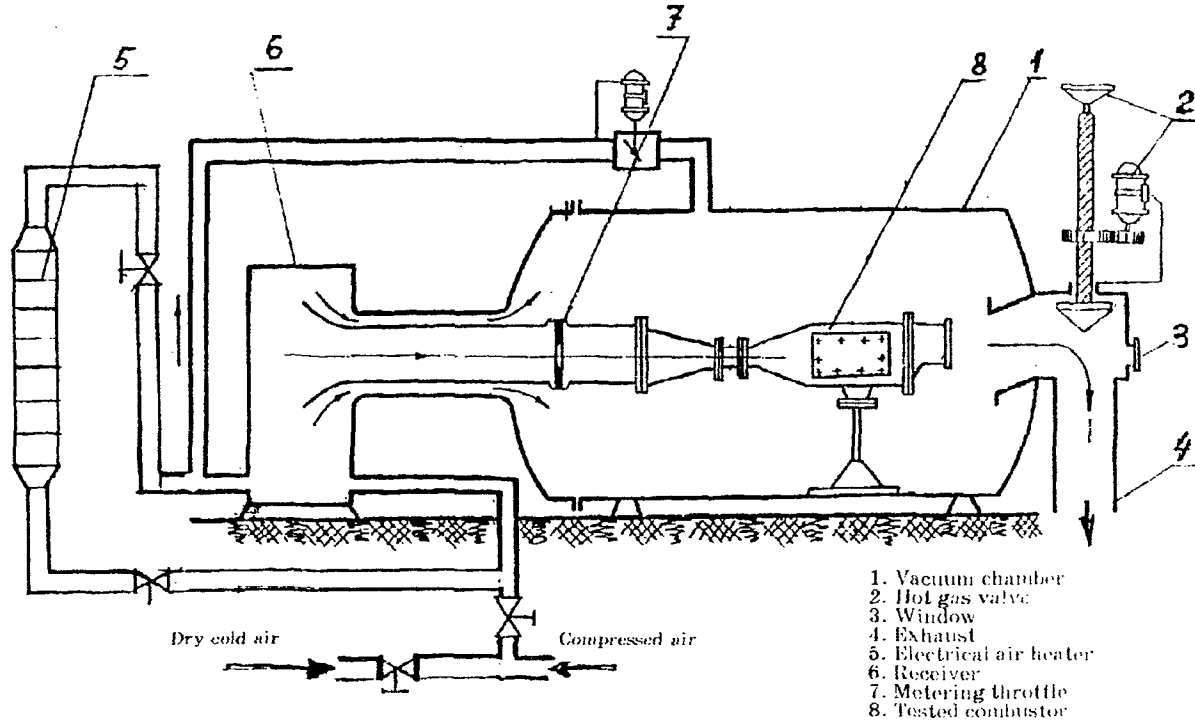
제 2 절 CIAM의 고공 성능 시험 장치(UV-13)

연소기 compartment의 고공 성능 시험을 위한 UV-13은 시험용 연소기에 저압 및 저온의 공기를 공급함으로써, 고공에서의 연소기에 유입되는 공기 상태를 모사하여 성능을 시험하는 장치이다. 주로 고공에서의 화염 안정성 시험과 고공에서의 재점화 가능 영역에 대한 시험을 하게 된다. 또한 고공에서의 재점화에 유리한 점화 플러그 위치 선정을 위한 시험도 수행하게 된다.

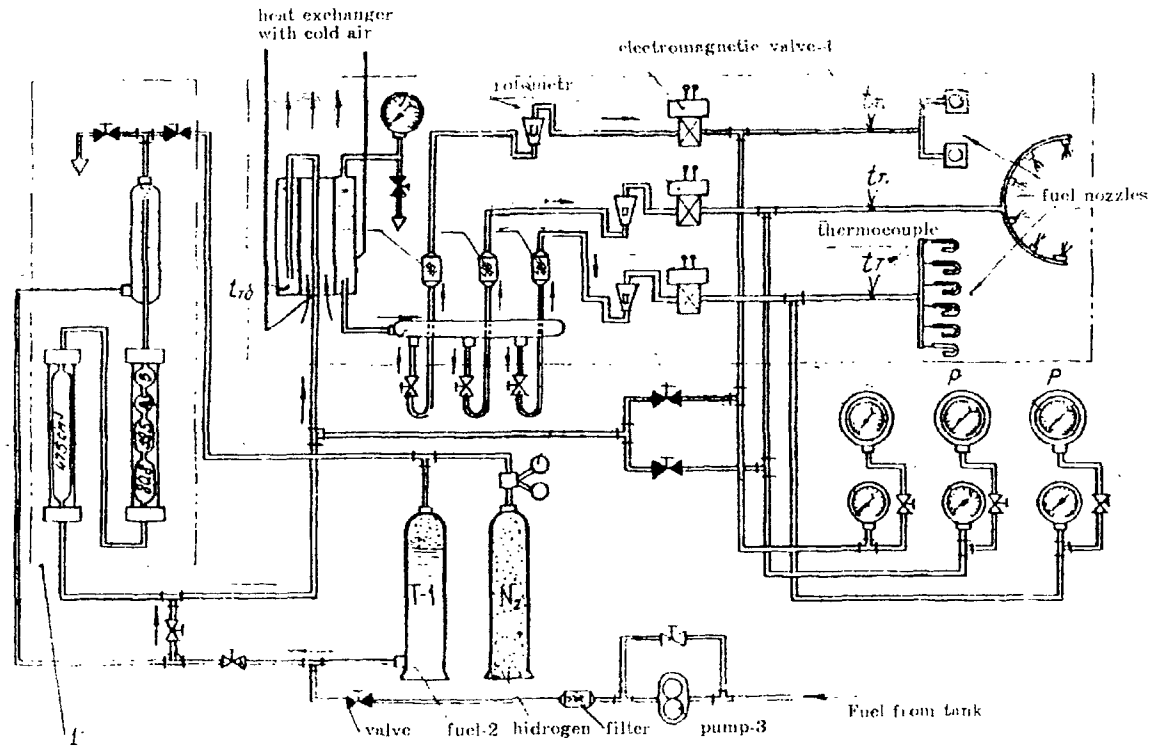
그림(4.5)은 UV-13 고공 성능 시험 장치의 개략도이다. UV-13 고공 성능 시험 장치는 15 km의 고공 상태를 모사할 수 있으며, $-55 \sim 200$ °C의 공기를 5 kg/s의 유량으로 공급할 수 있다. 전기 가열기에 의해 가열된 공기와 냉각기로 냉각된 차가운 공기를 적절한 비율로 혼합하여 공급 공기의 온도를 조절하며, 오리피스 유량계 전의 공기 온도 분포의 균일성을 위해 2 중 배관이 되어 있다. 고온에 견딜 수 있도록 설계된 배압 조절 밸브에 의해 압력이 조절되며, 연소기 출구를 통해 화염 상태를 관찰할 수 있도록 vacuum chamber에 석영창이 설치되어 있다. 공기와 연료의 공급 유량은 표준적인 방법으로 제어되며, 공기 유량은 오리피스 유량계에 의해 측정되고, 연료 공급량은 체적 측정 장치에 의해 측정된다.

그림(4.6)은 UV-13 고공 성능 시험 장치의 연료 공급 장치의 개략도이다.

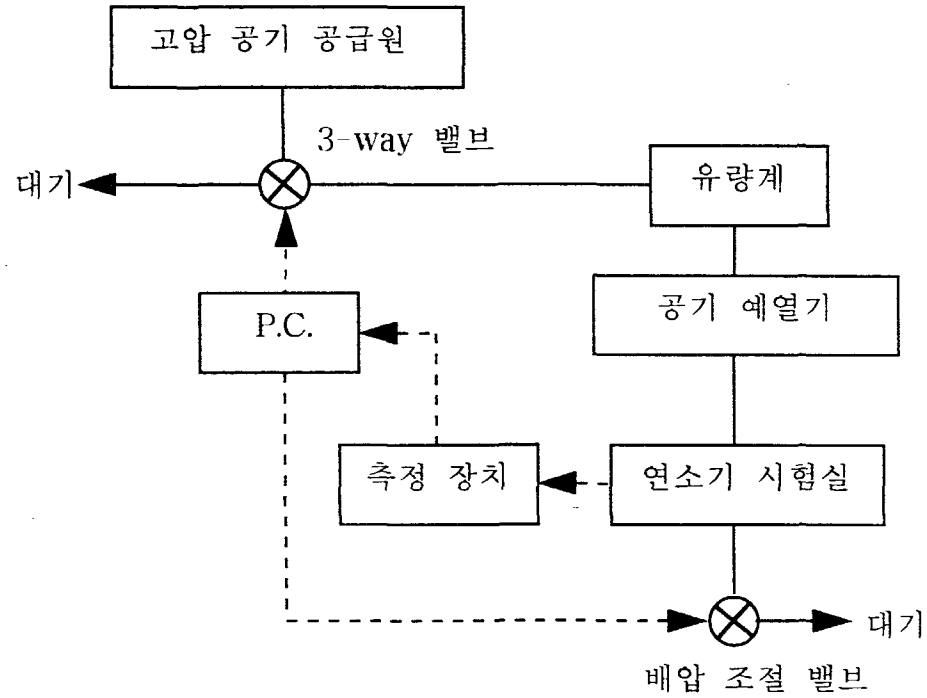
ALTITUDE COMBUSTOR TEST FACILITY (UV-13)
 (H = 0...15 km, $G_c > 5 \text{ kg/s}$, $t_c = 200...550 \text{ C}$)



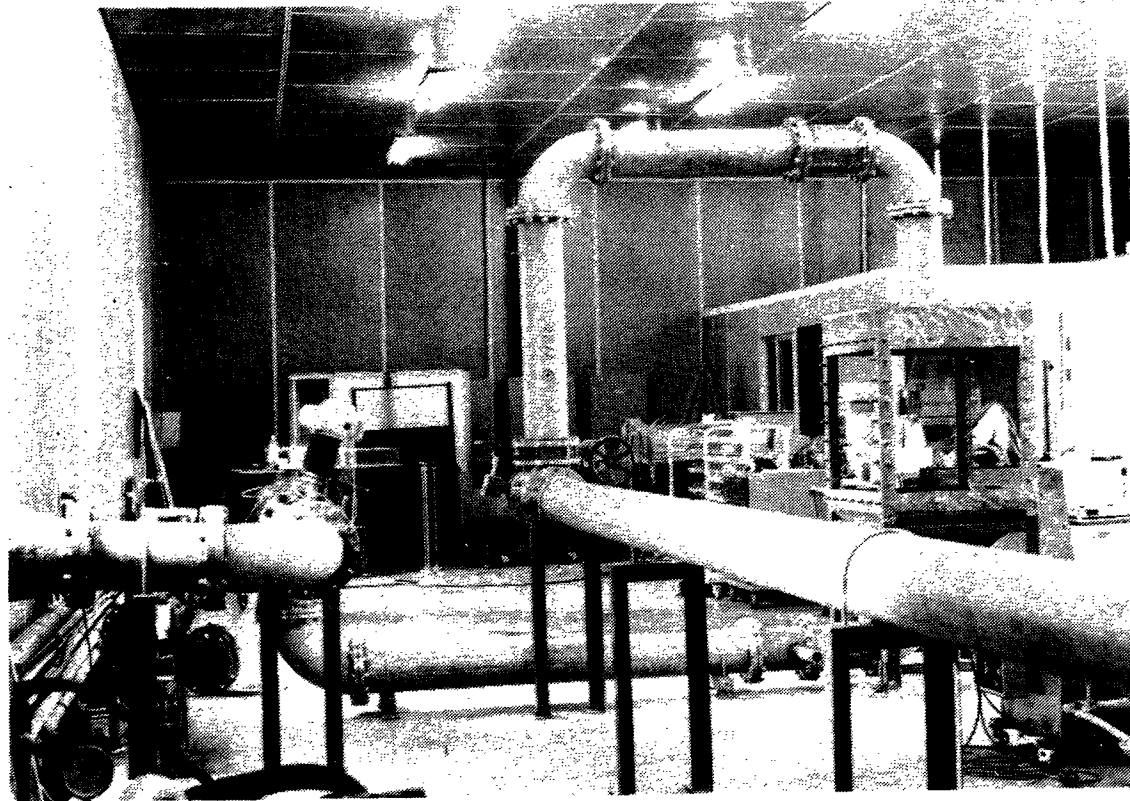
그림(45) UV-13 고공 성능 시험 장치의 개략도



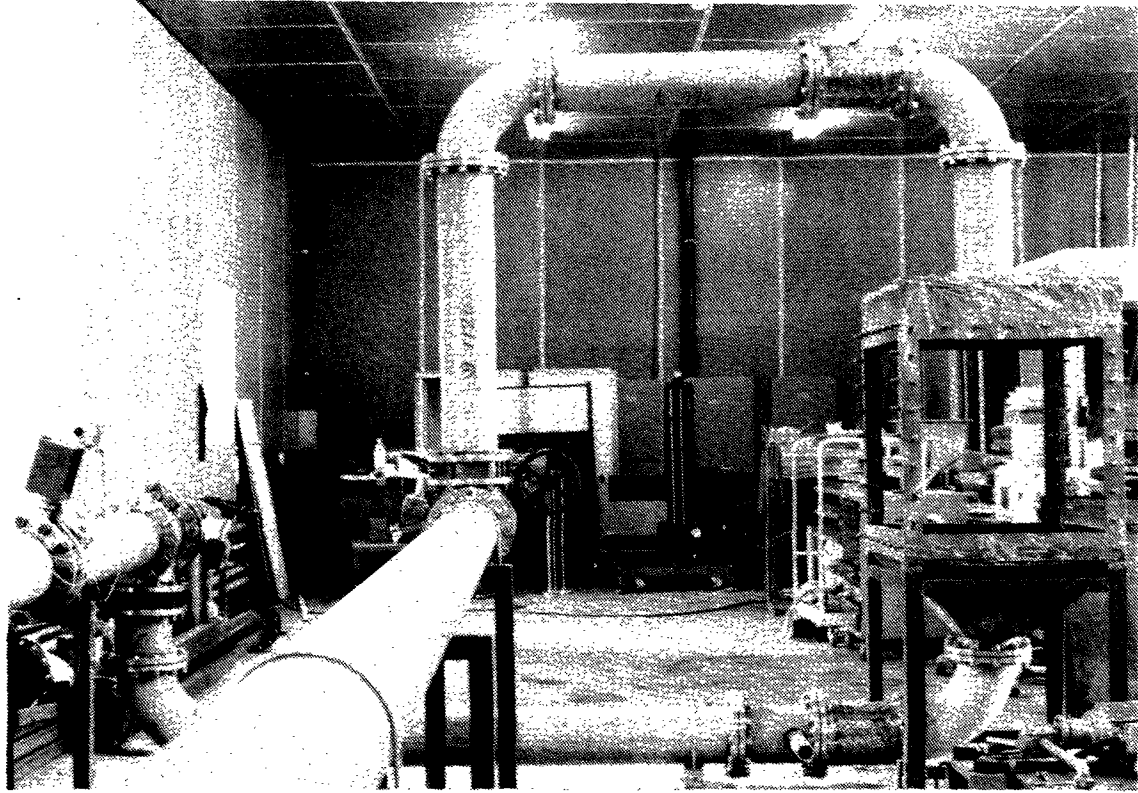
그림(4.6) UV-13 고공 성능 시험 장치의 연료 공급 장치 개략도



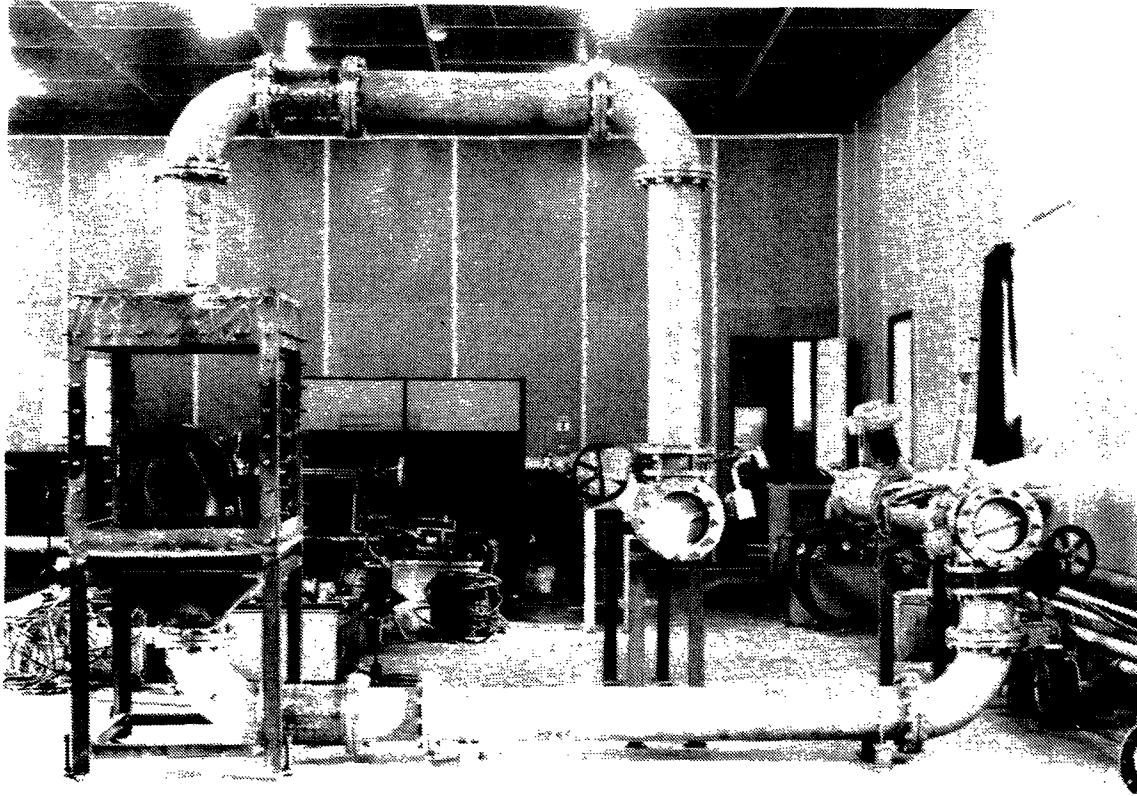
그림(4.7) KARI 성능 시험 장치 개략도



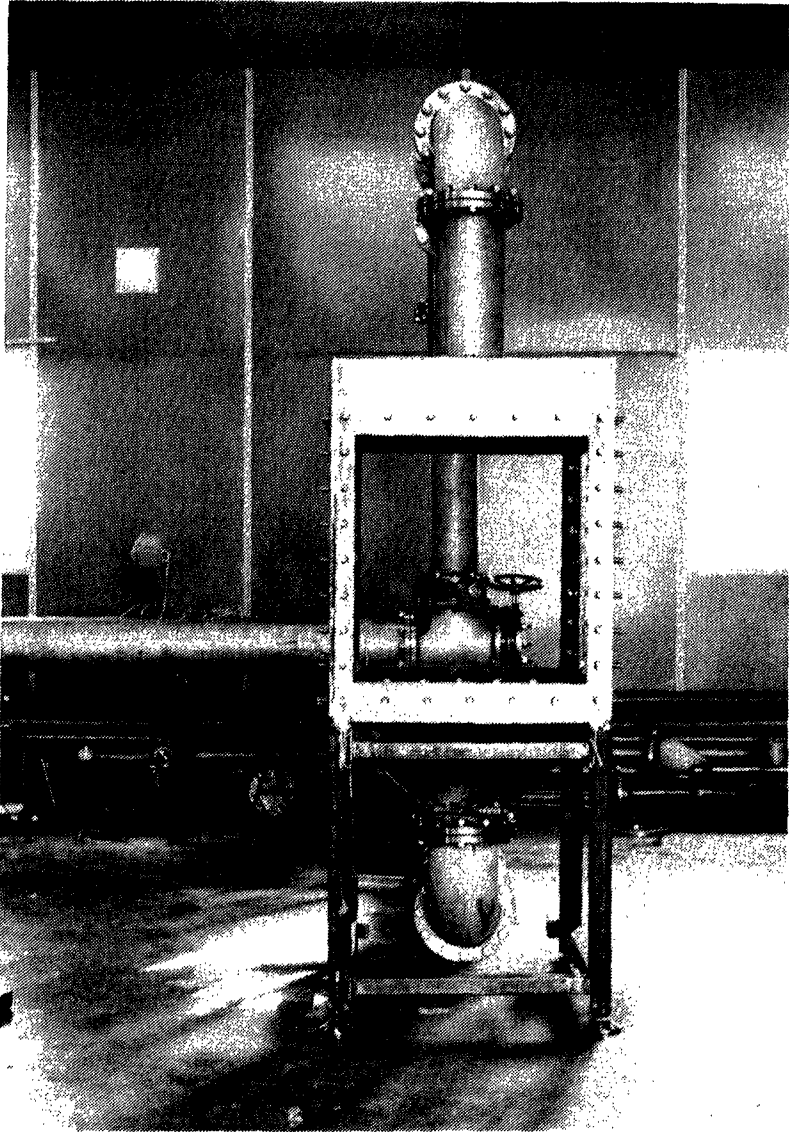
그림(4.8) KARI 성능 시험 장치 사진 1



그림(4.9) KARI 성능 시험 장치 사진 2



그림(4.10) KARI 성능 시험 장치 사진 3



그림(4.11) KARI 성능 시험 장치 사진 4



그림(4.12) IR compressor 사진

연료는 연료 펌프를 통해 가압시켜 공급하거나 고압 충전 가스에 의해 공급된다. 또한 공급되는 연료의 온도 조절을 위해 가열 장치를 포함하고 있다.

제 3 절 KARI 성능 시험 장치

본 연구에서 설계/제작한 연소기 compartment의 성능 시험을 위해 자체 성능 시험 장치를 설계/제작하였다. 자체 설계/제작된 연소기 성능 시험 장치는 공기 공급 장치, 공기 공급과 배기를 위한 유로 배관, test chamber, 연소기 내의 압력 및 유량 조절을 위한 제어 장치, 측정 및 자료 분석을 위한 장치 등으로 구성되어 있다. 그림(4.7)은 성능 시험 장치의 개략도이고, 그림(4.8) ~ 그림(4.11)은 제작된 성능 시험 장치의 사진을 나타낸다.

1. 공기 공급 장치

성능 시험 장치에 사용되는 공기 공급 장치는 가스터어빈 엔진에서 대기의 공기를 압축하여 연소기로 보내는 압축기의 역할을 하는 것으로, 그림(4.12)에서 보인 Ingersoll-Rand 사의 Model CV35M2인 2 단 원심형 압축기를 사용한다. 본 압축기는 micro-controller에 의해 제어되는 500 마력의 출력을 갖는 모터에 의해서 구동된다. 압축기의 동력 전달 장치의 내부는 주 구동 모터에 의해 회전되는 불기어와, 이와 맞물려 있으며 각각의 임펠러를 구동하는 2 개의 피니언 기어로 구성되어 있다. 각 압축단 사이에는 중간 냉각기가 설치되어 압축 효율을 증가시키며, 각 냉각기 뒤에는 수분 분리기와 수분 제거 장치가 있어서 응축수를 제거한다. 또한 고압용으로 사용하기 위해서 압축단을 증가시킬 수 있는 여유 공간이 확보되어 있어, 추후 압축비 상승에 따른 고압용으로의 변경이 가능한 구조로 되어 있다.

압축기 입구의 압력 조절 밸브와 출구의 바이패스 밸브를 이용하여 부하에 따른 압축기의 토출 압력과 유량을 조절하며, 이에 따른 압축기 운전 영역은

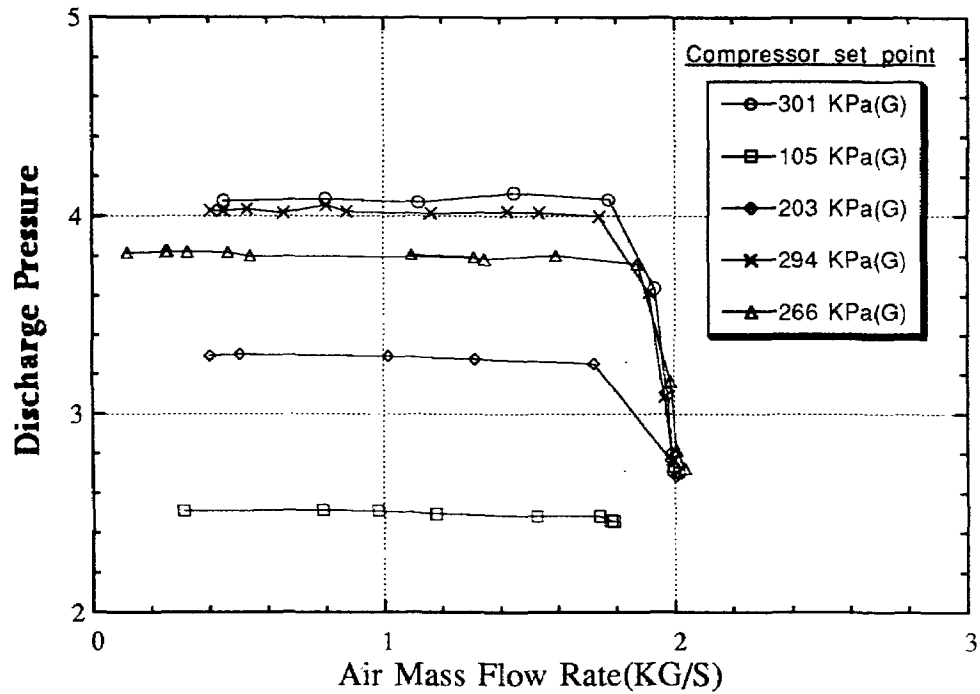
그림(4.13)과 같다. 본 시험에 사용될 압축기는 그림(4.13)의 성능도와 같이 임의의 설정된 압력을 일정하게 유지하면서 유량의 변화를 폭넓게 조절할 수 있는 특성을 갖는다.

압축기 운전을 위한 micro-controller는 압축기의 운전을 감시/제어할 뿐만 아니라 모든 압력 제어기 및 안전 장치를 감시하고 시동/정지 회로, 오일 히터, 예비 윤활 펌프 등 모든 보조 장치의 동작을 제어한다.

운전 방식에는 자동 2 중(auto-dual) 제어 방식과 모듈레이트(modulate) 제어 방식으로 나눌 수 있다. 자동 2 중 제어 방식은 압축기의 토출 압력값이 미리 설정된 최대 압력과 최저 압력 사이의 값을 유지하게 하는 방식으로 토출 압력이 최대 압력값에 도달되면 압축기는 무부하 상태로 변환되어 운전되다가 최저 압력에 이르면 다시 부하 운전을 하는 방식이다. 모듈레이트 운전 방식은 토출되는 압력이 설정된 압력과 동일하게 운전되는 방식으로서 일정한 압력을 지속적으로 유지해야 할 경우에 이 방식을 사용한다.

표(4.3) 압축기 제원 및 특성

형 식	2 단 원심형 임펠러
주 구동 모터 용량	377 KW, 500 HP
작동 기체	공기
최대 토출 압력	4.1 atm(abs)
임펠러 회전 속도	3,575 rpm
운전 방식	auto-dual, modulate
최대 흡입 유량	2.1 kg/s
냉각수 온도	32 ℃
냉각수 유량	435 ℓ/min



그림(4.13) 압축기 운전 영역

운전 제어 모드의 변환은 압축기 전면 운전 panel에 설치되어 있는 micro-controller에 의해서 간단히 이루어지며 surge 발생에 의한 기계적 손실을 방지하기 위한 surge 방지 회로가 내장되어 있어 surge 발생이 감지되면 즉시 무부하 운전 상태로 변환되는 안전 장치가 설치되어 있다. 표(4.3)에 압축기의 제원과 특성을 간단히 나타내었다.

2. 유로 설계 및 배관

공기의 공급을 위한 배관은 내경이 8 inch의 STS 파이프를 사용하였으며, 연소기 compartment의 연결을 위해 test chamber 입구 부분에 reducer를 설치하였다. 배압 조절을 위해 8 inch butterfly 형 밸브를 사용한다.

표(4.4) 관 내경과 시험 조건에 따른 관내 유동 속도

내경(inch)	압력(KPa)	온도(K)	유량(Kg/s)	속도(m/s)	Ma 수
8	350	300	1.0	7.9	0.013
8	400	300	2.0	13.8	0.022
8	350	600	1.0	15.9	0.027
8	400	600	2.0	27.7	0.044
6	350	300	1.0	13.8	0.023
6	400	300	2.0	24.6	0.039
6	350	600	1.0	28.3	0.048
6	400	600	2.0	49.2	0.078

공기 공급 장치를 통해 공급할 수 있는 최대 압력, 유량은 4 atm(abs), 2 kg/s이고, 연소기 compartment의 주 시험점은 압력 3.5 atm(abs), 공기 유량 1 kg/s이다. 그리고, 연소기의 cold test 경우 시험점의 온도는 300 K이고, hot

test 경우 시험점의 온도는 600 K이다. 이러한 각각의 시험 조건일 때, 관 내경이 8 inch인 경우와 6 inch인 경우에 대해서 관내 유동의 평균 속도를 계산해보았다. 그 결과 배관의 크기는 8 inch로 선정하였고, 계산 결과는 표(4.4)와 같다.

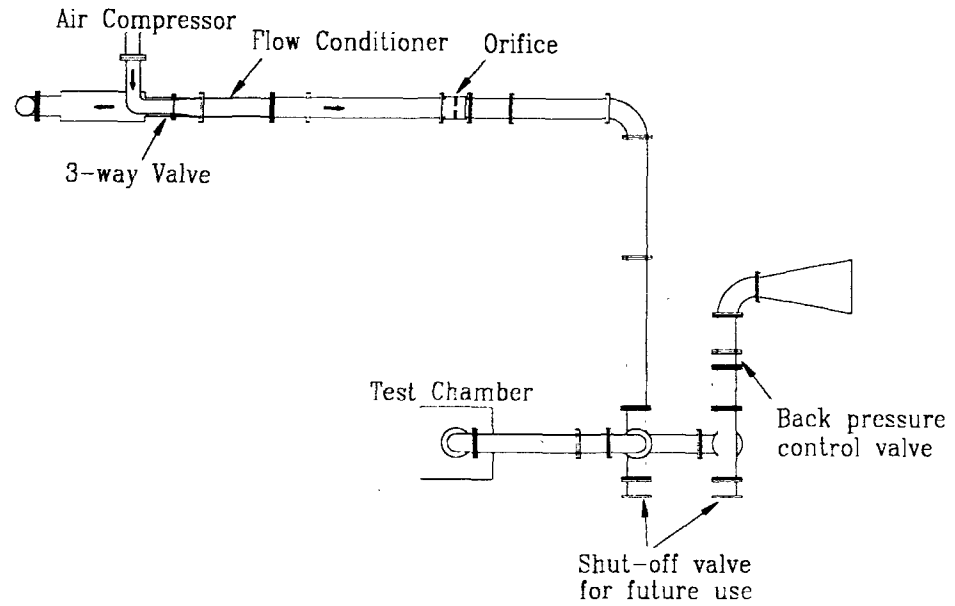
그림(4.14)는 KARI에 설치된 연소기 성능 시험 장치의 배관도이다. 배관의 재질은 STS 304 계열의 스테인레스 관으로 항복 강도가 21 kgf/mm²인 고온용 관을 사용하여 차년도에 수행할 hot test에도 적합하도록 제작하였다. 압축기의 출구에 압축기 자체의 bypass 밸브로는 조절이 불가능한 범위에서 유량의 조절을 위해 압축기 자체의 bypass 밸브와는 별도로 또 하나의 3-way 밸브를 장착하였다. 3-way 밸브의 후류 부분에 유질 안정화를 위한 장치를 설치하였고, 유질 안정화를 위한 길이를 확보한 후 유량 측정을 위한 orifice 형 유량계를 장착하였다. Orifice 형 유량계와 test chamber 사이는 차기 년도의 시험에 필요한 공기 가열기의 장착을 위한 공간으로 확보하였고, 배관과 test chamber 사이에는 flexible pipe를 설치하여 열팽창, 진동 등을 흡수할 수 있도록 하였고, 추후에 있을 배관의 분해/조립을 용이하게 하였다. Test chamber의 후류 부분에 고속으로 공기를 분사시킬 수 있는 노즐을 설치해서, 시험용 연소기에서 배출되는 공기 및 연소 가스 등을 강제로 배출시킬 수 있도록 하였다

4 개의 수동 butterfly 형 밸브는 공기 공급 장치와 유량 측정 및 배압 조절 밸브를 공유하는 다른 시험 장치의 추가 배관을 위한 것으로, 각각의 시험 장치의 유로를 분리 시키는 데 사용된다.

가. 유질 안정화 장치

유질 안정화 장치는 Zanker 형 유질 제어 장치, Sprenkel 형 유질 제어 장치, Tube bunddle 형 유질 제어 장치, AMCA 형 유질 제어 장치, Etole 형 유질 제어 장치 등이 있다.

본 연구에서 설계/제작된 유질 제어 장치는 제작이 간편하고, 구조가 견고



그림(4.14) KARI 성능 시험 장치 배관도

한 tube bundle 형 flow straightener로 구성하였다. 관 내부에는 37 개의 직경 23 mm, 길이 400 mm인 스테인레스 직관들을 유동 방향에 평행하게 배치하였다. 이는 ASME PTC 10에 규정된 최소 19 개 이상, 최소 직관 길이 10d를 만족하며, 구멍의 총면적은 관 단면적의 49 %로서 단면적의 최소 40 % 이상의 조건을 만족시킨다. 설치된 tube bundle 형 유질 제어 장치에 의한 전압력 손실은 약 2.5 % 정도이다.

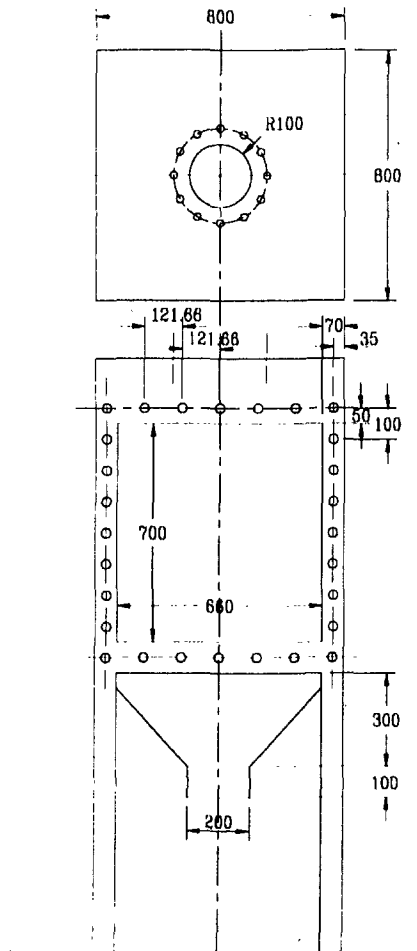
나. Orifice 형 유량계

본 성능 시험 장치에는 연소기에 유입되는 공기 유량을 측정하기 위하여 flange tap을 이용한 ASME square-edged orifice 유량계를 사용하였다. 본 실험에서 사용된 orifice의 확대비는 $\beta=0.349$ 이다.

Orifice 형 유량계를 이용하여 유량을 측정할 때 이상적인 조건은 완전히 발달된 난류 흐름이고 swirl이나 vortex의 발생이 없는 경우인데, 대부분의 유로계의 경우 굴곡관, 밸브, flange 이음부에 의해 3 차원 흐름이 발생되어 매우 복잡한 형태의 속도 분포가 형성되고, 이로 인한 측정 오차가 발생한다. 이러한 속도 교란은 유량계의 상·하류에 일정한 길이의 직관을 설치함으로써 크게 줄일 수 있는데, 본 성능 시험 장치에는 그림(4.14)에 나타낸 것과 같이 tube bundle 형 유질 제어 장치를 설치하고, 이로부터 관직경의 약 14 배인 2850 mm의 직관을 설치하였다.

3. 시험부

시험부(Test chamber)란 시험하고자 하는 연소기 compartment를 장착하여, 대기압 시험 및 고압 시험을 할 수 있도록 하는 부분을 일컫는다. 그림(4.15)는 test chamber의 형상을 나타낸다. 본 시험에서 설계/제작된 test chamber는 직육면체의 형상으로 윗 면에 측정하고자 하는 연소기를 장착할 수 있도록 하였고, 아래 면은 연소기의 출구에서 배출되는 공기를 모아서 배출시킬



그림(4.15) Test chamber 형상

수 있도록 하였으며, 4 개의 옆 면에 창을 설치하여 대기압 시험 및 고압 시험을 수행할 수 있도록 하였다. 4 개의 지지대에는 각각 높이 조절이 가능하도록 제작하여 광학 실험 장치를 이용한 측정시 laser beam의 조준이 용이하도록 하였다.

4. 압력 및 유량 조절을 위한 제어 장치

연소기의 압력 및 유량은 공기 공급 용 압축기의 토출 압력 조절과 배압 조절 밸브를 이용하여 조절한다. 연소기 내의 압력이 원하는 압력이 되도록 압축기의 토출 압력을 조절하고, 배압 조절 밸브의 개폐 정도를 조절함으로써 연소기 내에 흐르는 공기 유량을 조절할 수 있다. 조절 가능한 압력 및 유량 범위는 그림(4.13)에 나타낸 바 있다.

5. 측정 및 자료 분석을 위한 장치

가. 압력 측정 장치

연소기의 압력 손실의 측정 및 공기 유량의 측정 등을 위해 48 channel scani valve와 pressure transducer를 사용한다. Pressure transducer는 Validyne 사의 DP15로 magnetic stainless diaphragm을 측정 센서로 사용한다. 정확도는 $\pm 0.25\%$ FS이고, 측정 가능한 온도 범위는 $-18 \sim 71$ °C로 cold test에서의 실험 만이 가능하다.

나. 온도 측정 장치

연소기에 공급되는 공기의 온도 측정 및 hot test에서 배기 가스의 온도 분포 측정을 위해 thermocouple을 사용한다.

다. 광학 실험 장치

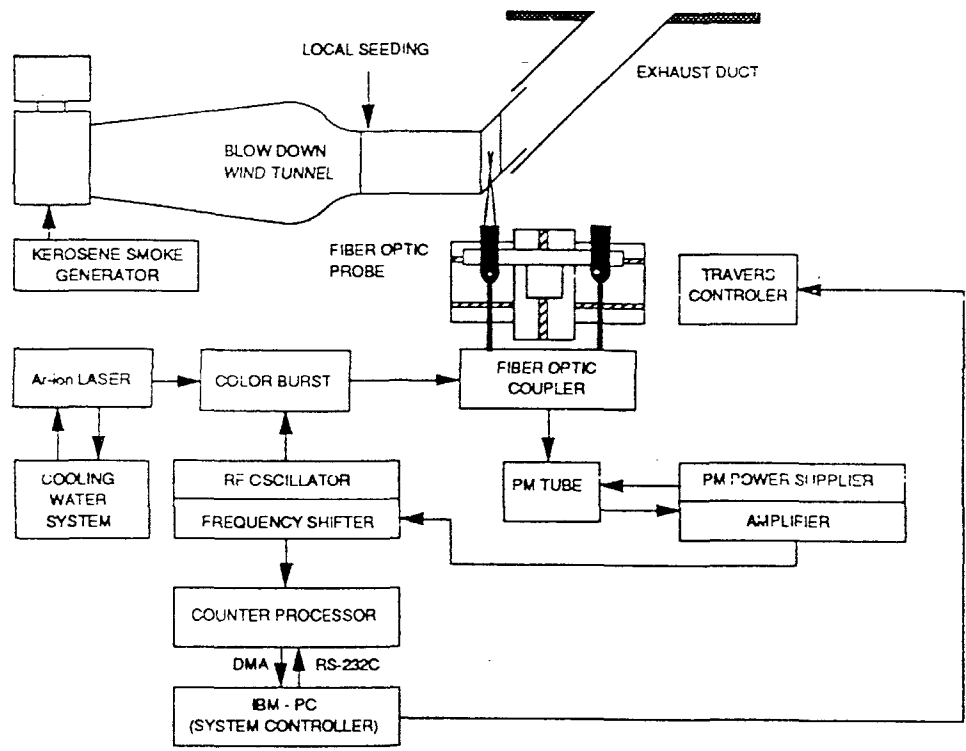
광학 실험 장치를 이용하여 cold test에서 시험용 연소기 내의 유동을 측

정한다. 본 연구에 사용되는 광학 실험 장치는 크게 광학부, 신호 처리부, 입자 발생부, 이송 장치로 나뉘어 진다. 여기에 대한 개략도를 그림(4.16)에 나타내었다.

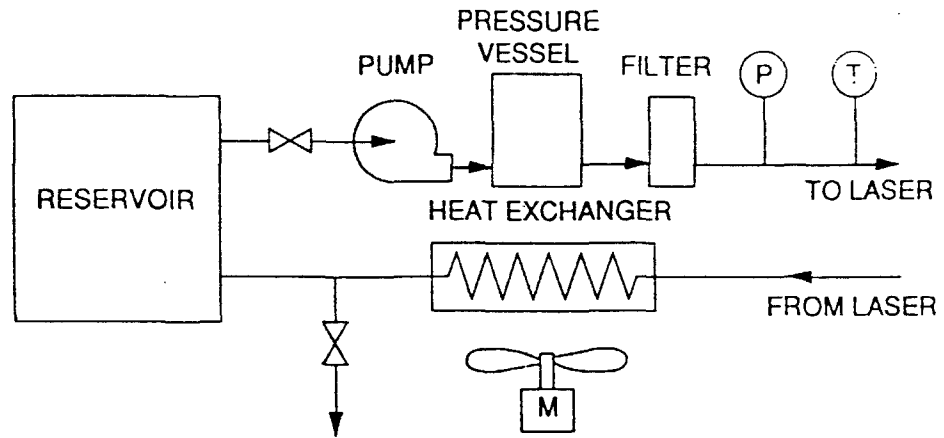
광학부는 레이저 광원, color burst, 광섬유 프루브, 수광부로 구성되어 있다. 레이저 광원으로는 4 W Ar-ion 레이저를 사용한다. 이것은 수냉식으로 되어 있으며, 활용성을 높이기 위하여 독립적인 폐쇄 회로 냉각수 시스템을 구성하였다. 여기에 대한 계통도를 그림(4.17)에 나타내었다. 여기서 발생된 레이저 광은 color burst로 들어가게 된다. Color burst는 여러가지 파장이 섞인 레이저 광으로부터 3 차원 측정을 위한 3 가지 색깔을 분리해 내고 주파수 이동을 시켜준다. 주파수 이동은 일반적으로 광음향학적 방법이 있고 회전하는 격자를 사용하는 방법이 있다. 본 연구에는 주파수 이동 장치에 동기되어 있는 고주파 발생기에서 나온 40 MHz의 신호를 Bragg cell 에 투입하는 광음향학적 방법을 써서 이루어진다. Color burst에 대한 구조는 그림(4.18)에 나타나 있다. Color burst에서는 3 가지 색의 광 각각에 대해 주파수 이동된 것과 이동되지 않은 것이 나오며, 이것은 광섬유 결합기를 통하여 광섬유로 투입되고, 광섬유를 통과한 광은 프루브에서 초점을 맞춰주는 광학계를 거쳐 측정 체적을 형성하게 된다.

3 가지 색은 각각 514.5 nm(green), 488 nm(blue), 478.5 nm(violet)의 파장을 갖는다. 이중 green과 blue는 2 차원 측정용 프루브로 보내져 4-beam, 2-color 방식의 측정 체적을 형성하게 되고, violet은 따로 1 차원 측정용 프루브로 보내져 측정 체적을 형성하게 된다. 2 차원 측정용 프루브의 축과 1 차원 프루브의 축을 일정한 각을 두고 측정 체적을 일치시키면, 3 차원 측정이 가능하게 된다.

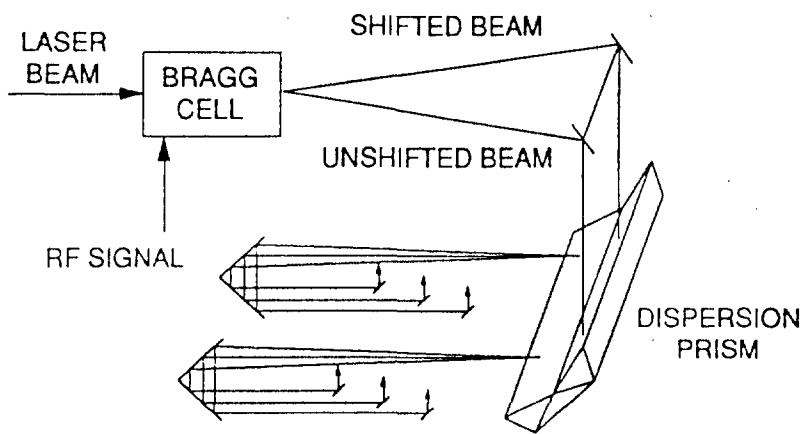
수광은 역방향 산란광을 받아 들임으로써 이루어 진다. 따라서 레이저광을 발사하는 부분과 산란광을 수광하는 부분이 동일한 위치에 있게 되어 광학계는 발사부와 수광부에서 공유하게 된다. 따라서 하나의 프루브에서 발사와 수



그림(4.16) Schematic diagram of the experimental setup



그림(4.17) Schematic diagram of the cooling water system for laser source



그림(4.18) Structured view of the color burst

광 기능이 동시에 이루어진다. 2 차원 측정용 프루브에서 수광에 사용되는 광섬유는 다파장 광섬유 하나이며, 이것은 색분해 거울을 써서 색분해를 한 후 적절한 광 검출기로 보내진다. 1 차원 측정용 수광은 단파장 광섬유에 의하여 바로 광 검출기로 보내진다. 프루브의 광학적 특성을 표(4.5)에 정리하였다. 광 검출기는 일반적으로 광전 증배관(photo multiplier tube, PM tube)이나 avalanche photo diode를 사용하는데, 본 시스템에서는 광전증배관을 사용한다.

광전 증배관(PM tube)에서 오는 신호는 주파수 이동기(frequency shifter)를 거쳐 신호 처리기로 보내어진다. 주파수 이동기에서는 앞서 설명된 Bragg cell에서 광학적으로 주파수 이동된 신호를 전기적으로 원하는 주파수 이동량을 줄 수 있도록 해 준다. 주파수 이동은 ± 40 MHz 범위에서 가능하다.

표(4.5) Fiber optic probe specifications

Focal length(mm)		350
Beam spacing(mm)		50
Beam diameter(mm)		2.4
Half angle(dgree)		4.1
Measurement volume	Diameter(mm)	0.11
	Length(mm)	1.60
Fringes number		31
Fringe spacing(mm)	514.5 nm	3.6107
	488.0 nm	3.4247
	478.5 nm	3.3580

LDA(Laser Doppler Anenometer) 시스템에서 신호 처리는 tracker, counter, FFT analyzer, burst analyzer, photon correlator 등이 사용되고 있다.

본 연구에서 사용될 신호 처리기는 TSI사의 제품으로 전체 도플러 신호에 대하여 부분의 도플러 신호를 비교하여 그 신호가 노이즈에 의한 것인가에 대한 판단을 내리는 기능도 있으며 도플러 신호와 신호 사이의 시간을 출력해 주는 기능도 있어 속도의 통계적 편의를 줄여줄 수도 있다. 신호 처리기에서는 도플러 신호에서 그 세부적인 극대치 사이의 시간과 각각의 도플러 신호 사이의 시간을 출력해 준다. 신호 처리기에서 나오는 데이터는 DMA(Direct Memory Access)를 통하여 소형 컴퓨터로 전송되고 전체 신호 처리기는 RS-232 접속 장치를 써서 컴퓨터로 제어된다.

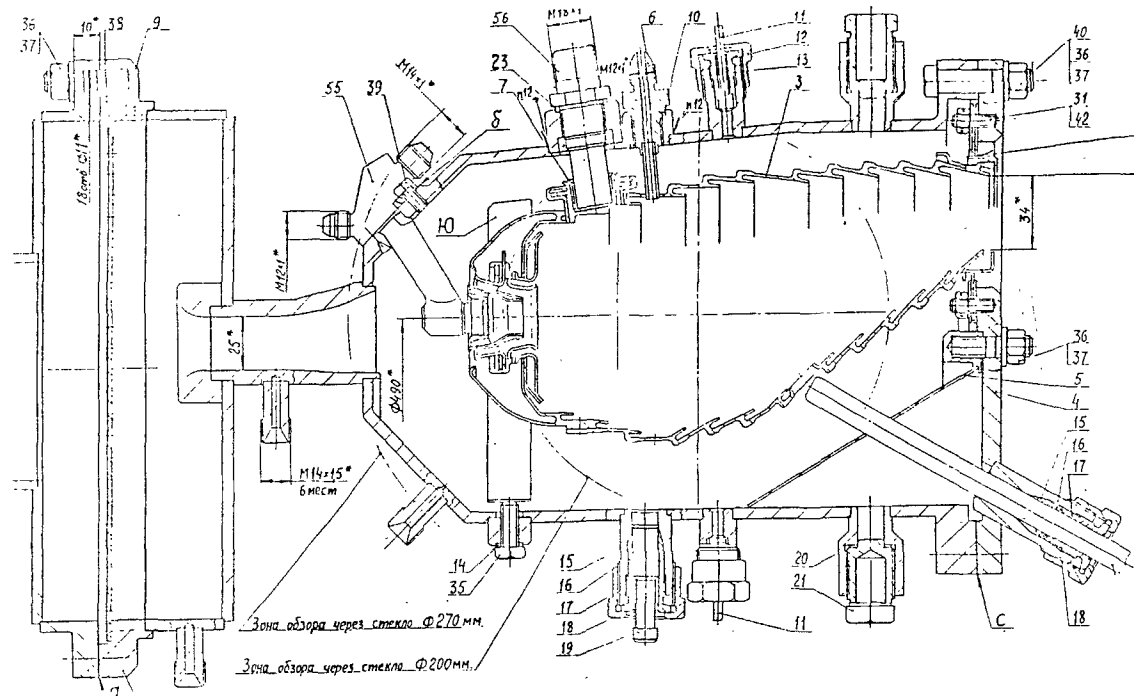
제 4 절 성능 시험용 연소기

본 과제의 1 차년도에 설계를 시작한 연소기는 2 차년도인 당해년도에 설계를 완료하였고, 성능 시험용 분할 연소기의 제작을 완료하였다. 실제 연소기의 제작은 현재 추진 중이며, 이는 3 차년도에 제작 완료될 예정이다. 성능 시험용 분할 연소기는 시험 성능 용량에 대한 제약으로 인해 어려움이 있어, 연소실 전체의 1/8에 해당하는 부분에 버너 3 개가 부착되도록 설계 제작하였다. Full scale 연소기를 1/8로 나누어 제작하였고, 창이 있는 연소기와 창이 없는 연소기를 제작하였다.

1. 창이 있는 연소기

창이 있는 연소기는 대기압 상태에서 cold test 및 hot test를 수행하기 위한 연소기로 casing을 1 개 제작하여 cold test 및 hot test에 공용으로 사용하고, 라이너를 따로 제작하여 시험을 수행하게 된다. 유동의 가시화 및 광학적 접근이 가능하도록 라이너 양 쪽 단면에 석영창을 설치하였고, 연소기 입구에는 유동의 안정화를 위한 안정실을 제작/설치하였다.

그림(4.19)는 제작된 분할 연소기의 단면도이다. 연소기 입구의 안정실에



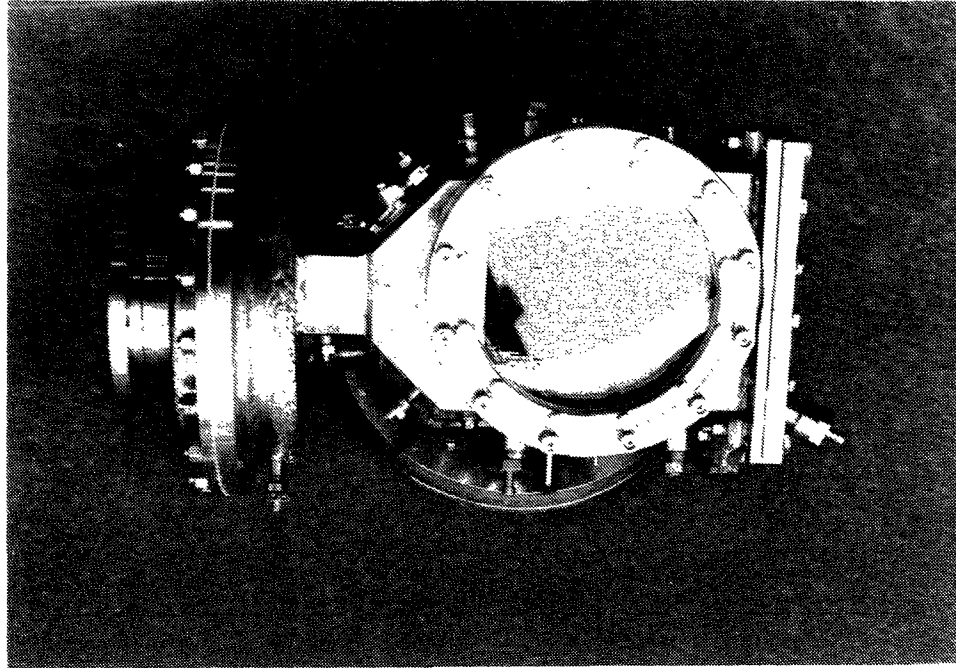
그림(4.19) 분할 연소기 단면도

는 정압력을 측정할 수 있도록 압력탭을 설치하였고, 연소기 casing의 diffuser의 외벽에는 diffuser에서의 압력 분포를 측정하기 위한 압력탭을 설치하였다. 연소기 casing에 음향학적인 특성 분석을 목적으로 하는 microphone을 설치할 수 있도록 하였고, 연소기 내부의 주요 부분의 온도 분포 측정을 목적으로 하는 thermocouple wire를 장착할 수 있도록 하였다. 또한, 내부의 연소 상태를 들여다 볼 수 있도록 하는 endoscope의 장착을 위한 plug를 2 곳에 설치하였다. 그 외에 radiometer 등의 여러 가지 측정 센서의 장착이 가능하도록 제작하였다.

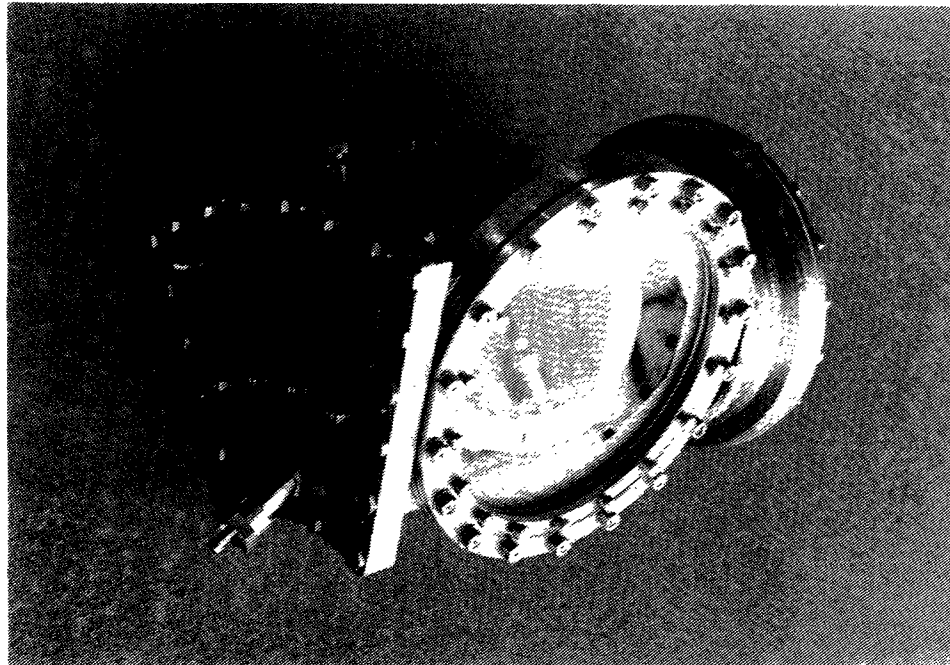
그림(4.20)과 그림(4.21)은 창이 있는 연소기의 사진이다. 그림에서 보이는 연소기는 양옆이 뚫려 있어 내부를 들여다 볼 수 있도록 제작된 라이너가 장착되어 있다. 이 라이너는 열팽창이 고려되지 않은 상태이므로, cold test에서만 사용이 가능하다. 그림(4.22) ~ 그림(4.24)은 hot test 용 라이너인데, 원주 방향으로의 열팽창을 고려하여 한 쪽으로만 casing에 고정하도록 제작되었으며, 반대쪽은 공기의 유동을 막기 위해 작은 orifice를 균일하게 분포시킨 벽을 설치하였다. Frontal device는 3 개가 장착되어 있으며, 점화 플러그는 1 개 장착되어 있다.

2. 창이 없는 연소기

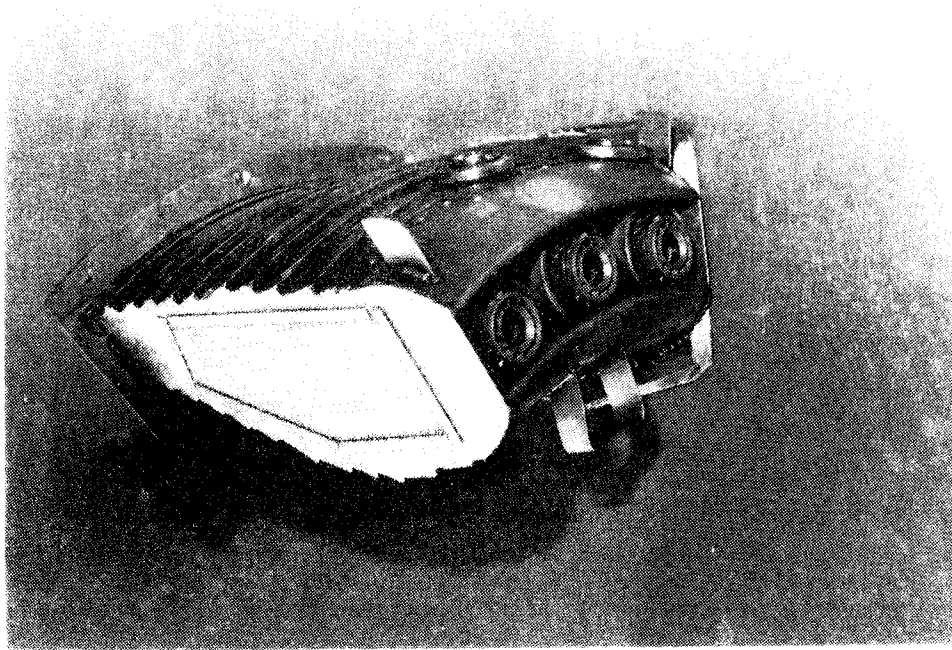
창이 없는 연소기는 고공 성능 시험을 위해 사용될 수 있도록 casing을 제작한 연소기이다. 창이 있는 연소기와 같은 1/8 크기로 제작하였으며, 고압 및 저압에서 견딜 수 있도록 석영창을 제작/설치하지 않은 것을 제외하고는 창이 있는 연소기와 거의 같이 제작되었다.



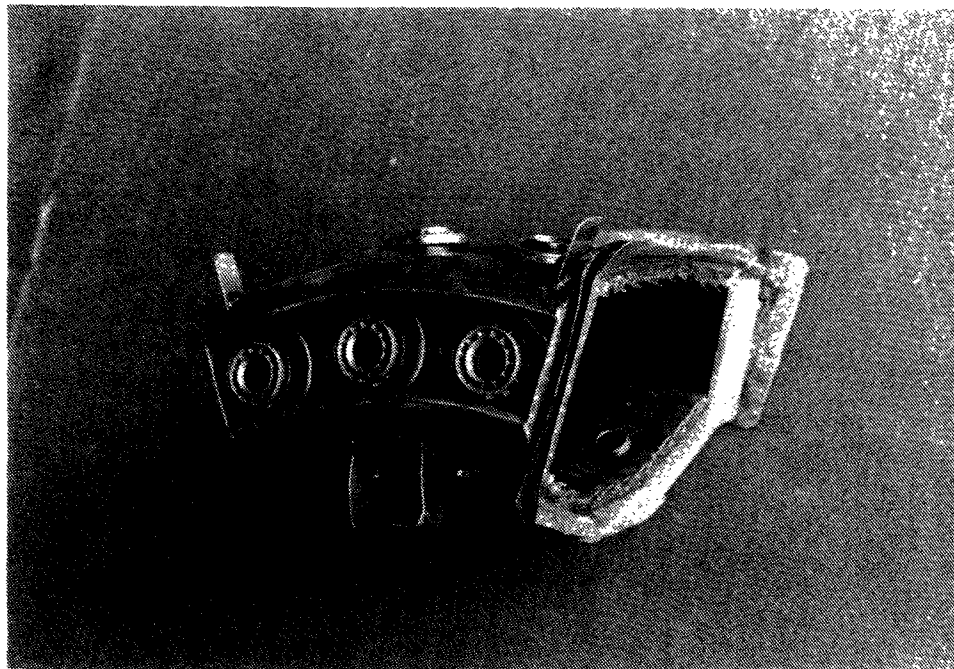
그림(4.20) 분할 연소기 사진 1



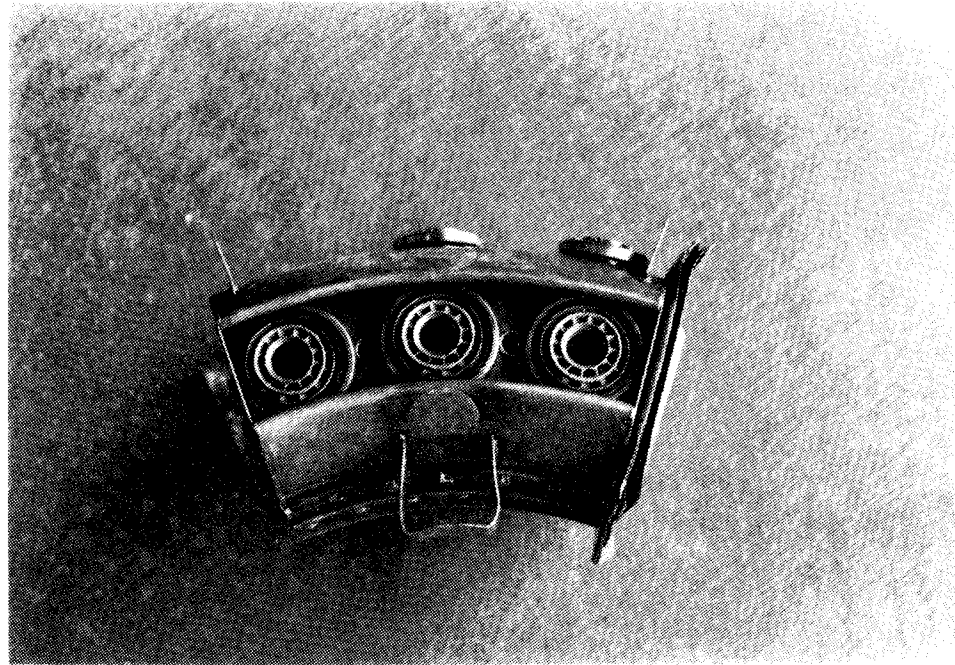
그림(4.21) 분할 연소기 사진 2



그림(4.22) 분할 원소기 사진 3



그림(4.23) 분할 연소기 사진 4



그림(4.24) 분할 연소기 사진 5

제 5 장 연소기 성능 시험 결과

제 1 절 분할 연소기 설계 결과

연소기 설계 software(SAPRCAM)를 이용한 계산과 경험식에 의해 환형 연소기를 설계한 결과, 연소기의 특성은 이륙 시($P_2^* = 1.38 \text{ MPa}$, $T_2^* = 670 \text{ K}$, $G_a = 31.2 \text{ kg/s}$, $\alpha = 2.7$) 다음과 같다.

$$\delta = 5.6 \%$$

$$\eta = 0.999$$

$$\theta_h = 1.1$$

$$\theta_{max} = 1.27$$

$$EINO_x = 13.4$$

전체 연소기의 1/8을 제작한 분할 연소기(그림(4.15) 참조)는 유체 역학적 특성과 연소 특성을 측정할 수 있도록 두 개의 광학적인 석영창(quartz window)을 설치한 분할 연소기와 고공 및 고압 실험이 가능하도록 창이 없이 만든 분할 연소기가 있다.

창이 있는 연소기의 경우, 큰 창으로는 라이너 주위(디퓨저, 연소기의 환형 채널)의 유체 역학적 특성을 연구할 수 있으며, 작은 창으로는 연소 과정(연료 미립화, 연료와 공기의 혼합, 화염 구조, 복사 등)을 연구할 수 있다. 라이너 한쪽 면은 석영창과 5 mm 틈을 가진 세공(perforated) 금속판으로 만들어졌고, 다른 쪽 면은 단면 주위로 금속 호일(박판)을 붙여 놓았다. 이는 연소 시 열팽창에 의해 라이너가 석영창을 밀어 파손시키는 것을 방지하기 위한 것이다. 이러한 이유로 라이너와 석영창의 접촉면을 통해 케이싱에서 라이너 안쪽으로 흘

리 들어 가는 공기 유동이 존재하나, 홀러 들어 가는 공기의 유량이 작을 뿐만 아니라, 라이너 중심에서의 유동의 속도가 크기 때문에 연소 과정에는 이러한 공기 유동은 중요하지 않다. 하지만 연소기 중심면에서 공기 유량 인자(예를 들면, 압력 손실 측정)의 보정이 필요하다.

창이 없는 연소기는 창을 설치한 연소기와는 다르게 라이너 측면에 설치된 세공판(perforated plate)을 박판(foil)으로 막아서 sealing 하였기 때문에 이 연소기로 정압 분포, 압력 손실, 연소 효율, 온도 분포, smoke수, 배출물 지수 등을 측정할 때 별도의 보정이 필요치 않다.

창이 있는 연소기는 sealing이 불완전한 결점에도 불구하고 연료 분포, 열 생성 등의 특성을 결정하는데 있어서 연소기 내부의 광학적 접근이 가능해 매우 유용하다. 이와 같이 창이 있는 연소기를 이용한 실험과 창이 없는 연소기를 이용한 실험의 조합은 새로운 연소기를 개발하는데 있어서 중요한 기술이다.

제 2 절 U-373 성능 시험 장치를 이용한 실험 결과

1. Frontal device의 공기 역학적 성능 실험

U-373 성능 시험 장치를 이용한 첫 번째 실험은 공기 분배기를 완전히 닫은 one burner 연소기에 환형 연소기의 frontal device를 장착하여 수행하였다. 실험에 사용된 환형 연소기의 frontal device는 연료 노즐, 공기 선회기, 작은 구멍이 여러 개 뚫린 덮개 앞면 등으로 구성되어 있다. 위 실험으로부터 frontal device에서의 전압력 손실은 공기 체적 유량의 제곱에 비례함을 알 수 있으며, 공기 체적 유량은 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$V_{FD} = 0.0104 \sqrt{\Delta P_{FD}^* / \rho_a}$$

여기에서, V_{FD} 는 공기 체적 유량(m^3/s), ΔP_{FD}^* 는 frontal device에서의 전압력 손실(KPa), ρ_a 는 공기의 밀도(kg/m^3)를 나타낸다. 이러한 관계식은 라이너의 공기 구멍과 frontal device 사이의 공기 유량 분포의 산출에도 사용 가능하다.

3 개의 burner가 설치된 분할 연소기의 cold test를 통해 얻어진 결과식은 다음과 같다.

$$V_{FT} = 0.18 \sqrt{\Delta P_{FD}^* / \rho_a} \quad (\text{창이 있는 연소기})$$

$$V_{FT} = 0.17 \sqrt{\Delta P_{FD}^* / \rho_a} \quad (\text{창이 없는 연소기})$$

유량 계수의 차이는 라이너의 측면 벽과 casing 사이에 존재하는 간격과 라이너 측면 벽에 뚫린 작은 구멍을 통해 흐르는(bypass) 공기 유량의 영향으로 생각된다. 위의 관계식은 연소기 출구에서의 보다 정확한 속도 측정에 의한 검증이 필요하다. 디퓨저의 안쪽 벽과 바깥쪽 벽에서의 상대적 압력 손실 ($\Delta P_{DW}^* / P_{FT}^*$)의 차이는 설계 평가에 의해 나타난 것과 같이 5 % 미만이다.

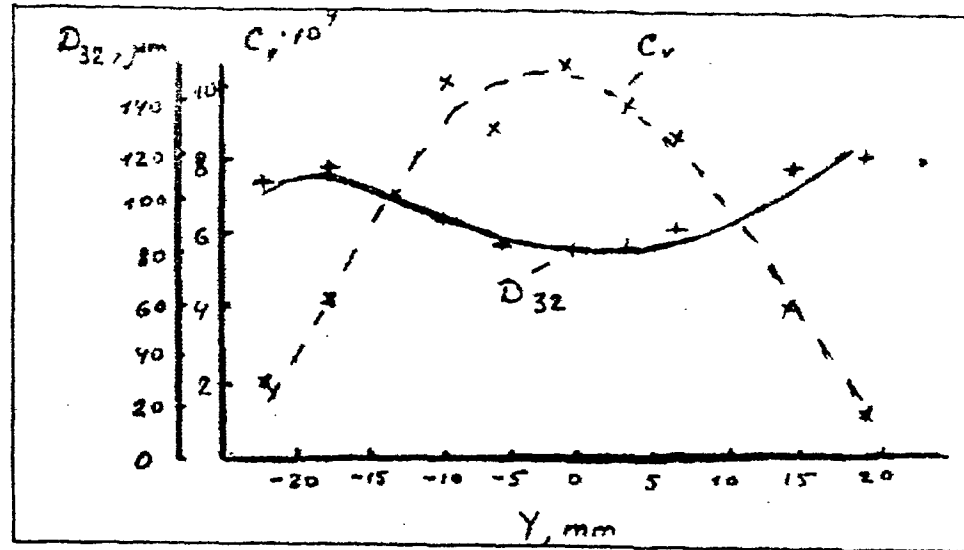
1 개의 burner를 갖고 있는 연소기에서 공기 분배기를 닫아 모든 공기를 frontal device를 통해 흐르게 하고 cold test를 수행할 때 $f = 2 - 3$ kHz인 고주파의 압력 진동이 검출되었다. 이는 유동의 와류 불안정성의 결과인데, 이 현상은 공기 분배기를 열어 라이너 공기 구멍으로 공기를 공급하는 경우에는 나타나지 않았으며, 이에 비추어 볼 때 이 frontal device가 실제의 연소기 사용되는 경우에는 별문제가 되지 않는다. 그러나, 이런 현상이 다른 frontal device를 갖고 있는 연소기에서는 치명적일 수 있으므로 진동의 제어가 필요하다.

2. 연료 미립화 및 혼합 실험

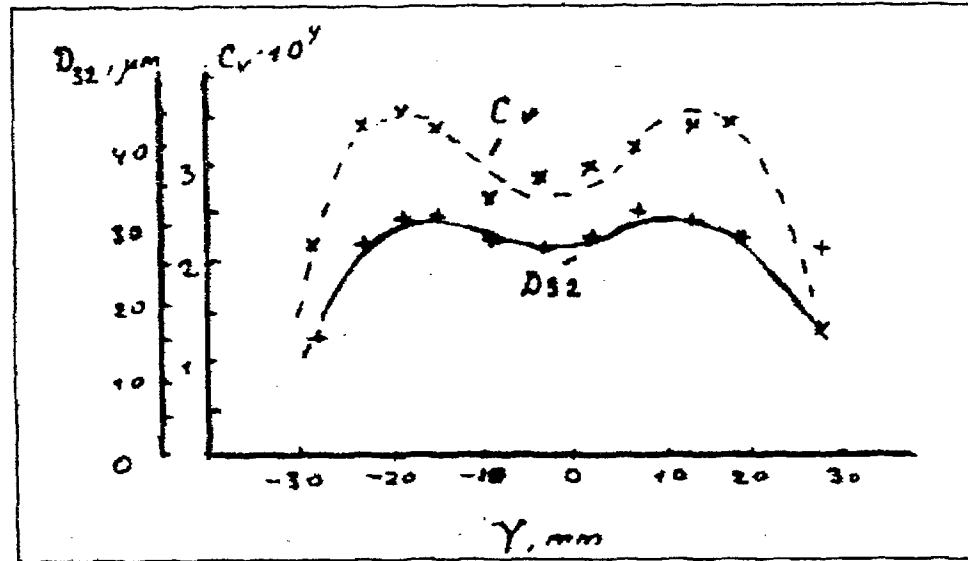
연소기 주연소 영역에서의 주요 과정(연료 미립화 및 혼합)에 대한 실험을 수행하였다. 대부분의 경우 kerosene 대신 물을 사용했고, 평균 Sauter 액적 직경 $D_{32} = \langle D^3 \rangle / \langle D^2 \rangle$ 및 연료(또는 물)의 체적 농도를 결정하였다. 체적 농도 (C_v)는 액적과 공기의 속도가 같다면, 당량비($1/\alpha$)에 비례한다.

광학적인 측정 장치는 그림(4.3)과 같으며, 레이저에서 나온 빛이 연소기의 spray를 통과하는 동안에 산란 되어 집광 렌즈의 초점 거리에 맺힌 빛의 강도를 가지고 액적의 크기를 측정하였다. 집광 렌즈의 초점 거리에는 슬릿(slit), 부채꼴 모양의 섹터(sector)와 중앙에 작은 구멍이 뚫린 원형 판이 있어서, 슬릿, 섹터, 구멍에 모여지는 산란 빛의 강도를 각각 측정할 수 있으며, 이 들의 상대적인 비에 따라 액적의 Sauter 직경 및 체적 농도(C_v)가 정해진다. 작은 각도를 갖는 산란법에 의한 측정은 빔 직경 안에 존재하는 모든 액적의 평균값을 제공한다. 측대칭 spray인 경우 Abel 변환법에 의해 이러한 값으로부터 국부 반경 분포(D_{32}), 유체의 체적 농도(C_v)를 계산할 수 있다. 그림(5.1)은 라이너와 casing이 없는 독립적인 연료 노즐 실험에서 분사된 kerosene의 분무 특성을 측정한 예이고, 그림(5.2)는 낮은 압력으로 연료 노즐에서 분사된 물의 분무 특성이다. 그림(5.2)의 경우에는 air assisting을 이용하였다. 이 경우 체적 농도의 분포로부터 연료 spray의 직경을 알 수 있으며, Abel 변환 법을 이용하여 보다 정확한 국부적인 체적 농도 분포를 구할 수 있다.

점화 과정의 모형화에는 연료 분사 노즐의 2 단 중 첫번째 단 만이 사용된다. 이 때, 두 가지의 중요한 인자가 분무 특성에 영향을 주는데, 그 중 하나는 frontal device에서의 압력차 ΔP_{FD}^* 이고, 나머지 하나는 연료 분사 노즐의 두 번째 단을 통해 공급되는 공기(air assisting)의 압력차 ΔP_{AA}^* 이다. 표(5.1)에 ΔP_{FD}^* 와 ΔP_{AA}^* 에 따른 평균 Sauter 액적 직경의 실험 값을 나타내었다. 표(5.1)에서 실험 1과 2는 연료 노즐 만을 장착하여 kerosene을 분사한 경우이고, 실험



그림(5.1) Typical low pressure distribution of the D_{32} and C_v ,
Kerosene, $\Delta P_F^* = 2.0$ bar



그림(5.2) Typical low pressure distribution of the D_{32} and C_v
in the case of fuel nozzle in frontal device water
 $\Delta P_F^* = 2.0 \text{ bar}$, $\Delta P_{FD}^* = 6 \text{ KPa}$, $\Delta P_{AA}^* = 100 \text{ KPa}$

3, 4, 5는 연료 노즐만을 장착하여 물을 분사한 경우인데, 실험 5의 경우에는 air assisting을 한 경우이다. 실험 6 ~ 11은 연료 분사 노즐을 frontal device에 장착하여 물을 분사한 경우이다.

여기에서 분사된 연료의 평균 Sauter 액적 직경은 연료 분사 압력이 높을수록 작아지며, air assisting을 사용하는 경우 더 작아짐을 알 수 있다. 또한 연료를 같은 압력으로 분사하는 경우, frontal device로 공급되는 공기 유량을 줄여도 대신 air assisting을 사용하면, 분사된 연료의 평균 Sauter 액적 직경은 비슷한 크기임을 알 수 있다.

표(5.1) ΔP_{FD}^* 와 ΔP_{AA}^* 에 따른 평균 Sauter 액적 직경

No.	ΔP_F^* (bar)	ΔP_{FD}^* (KPa)	ΔP_{AA}^* (KPa)	D_{32} (μm)
1	2.0	0	0	85
2	10.0	0	0	50
3	2.0	0	0	70
4	10.0	0	0	65
5	10.0	0	100	35
6	2.0	6	0	85
7	2.0	17	0	35
8	2.0	6	100	30
9	10.0	6	0	70
10	10.0	17	0	35
11	10.0	6	100	40

이러한 결과를 연소기 시험의 경우 연료 분사 노즐의 모형화로 사용하게 된다. 보통 연소기의 성능 시험 시에는 실제의 압력과 유량 조건보다 낮은 압

력과 낮은 유량에서 시험을 수행하게 된다. 연소기 내의 공기의 유량을 감소시키면, 연공비를 유지하기 위해 연료의 공급량도 감소시켜야 하고, 이렇게 하기 위해서는 연료의 공급 압력을 감소시켜야 한다. 이 경우 연료 공급 압력의 감소로 인해 분사된 연료의 평균 Sauter 액적 직경은 커지게 되는데, 이는 실제의 압력, 온도에서의 분무 형태와 다르다. 이러한 차이점을 극복하기 위해 air assisting을 이용하게 된다.

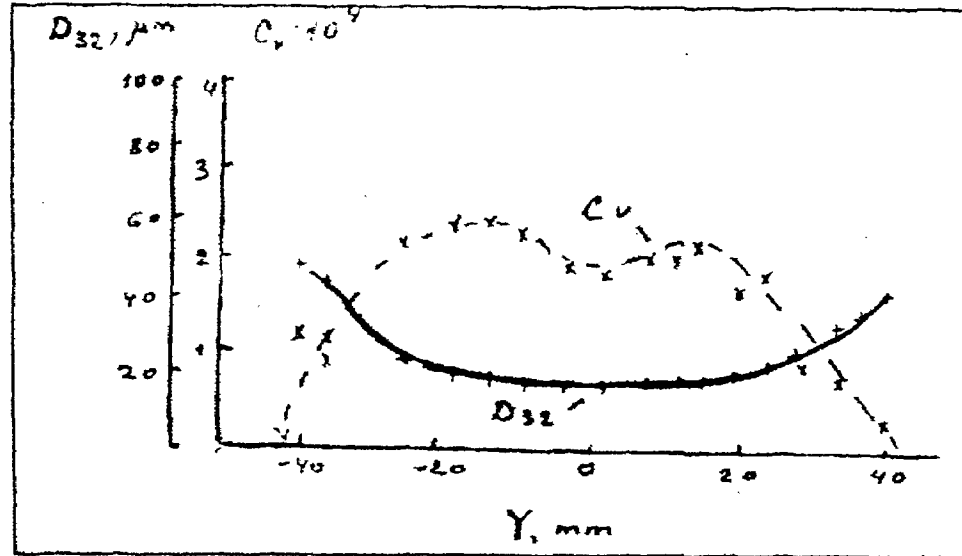
그림(5.3)은 kerosene을 분사한 경우, 그림(5.4)는 물을 분사한 경우의 평균 Sauter 액적 직경과 체적 직경의 분포를 나타낸다. 두 가지의 경우가 모두 air assisting을 사용하지 않은 실험인데, frontal device 안에서 평균 Sauter 액적 직경과 체적 직경의 분포가 그림(5.2)의 air assisting을 이용하여 낮은 연료 공급 압력으로 실험한 경우와 결과가 비슷함을 보여 준다. 이 결과는 연료 분무의 모델링 가능성을 보여 준다.

연소 과정 전체를 모델링하기 위해서는 실제 연소기 시험과 모델 연소기 시험에서 같은 온도를 유지해야 한다. 왜냐하면, 연료의 증발이나 반응율은 거의 온도에 의존하기 때문이다.

3. 점화 위치 선정 실험

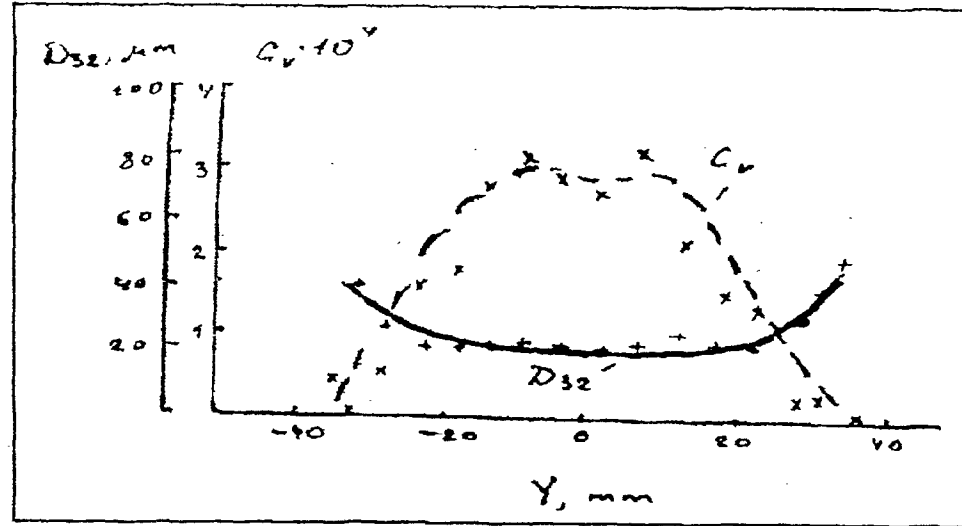
U-373 성능 시험 장치에서 실제의 연소기에 사용될 연료 분사 노즐과 frontal device를 장착한 one burner compartment 연소기를 이용하여, 주연소 영역에서의 최적 점화 위치 선정을 위한 실험을 수행하였다. 실험의 주 목적이 점화 플러그의 위치 결정이었기 때문에 air assisting은 사용하지 않았다. 점화는 one burner compartment 연소기 라이너의 금속판의 원하는 지점에 적외선 레이저를 집중시켜 이루어졌다.

실험 결과 분할 연소기에 만들어 놓은 4 개의 점화 플러그 자리 중 연료 노즐이 위치한 단면의 frontal device에서 먼 곳의 위치가 최적의 점화 위치 임



그림(5.3) D_{32} and C_v distribution in the spray(1)

$$\Delta P_F^* = 500 \text{ KPa}, \Delta P_{FD}^* = 17 \text{ KPa}, \Delta P_{AA}^* = 0 \text{ KPa}$$



그림(5.4) D_{32} and C_v distribution in the spray(2)

$$\Delta P_F^* = 500 \text{ KPa}, \Delta P_{FD}^* = 17 \text{ KPa}, \Delta P_{AA}^* = 0 \text{ KPa}$$

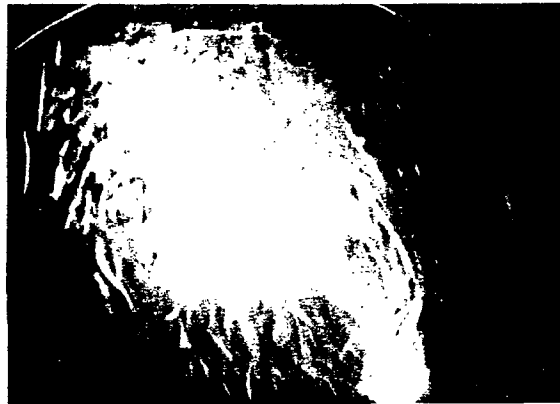
을 알 수 있었다.

4. 기타 실험

위에서 언급한 실험 외에 여러 가지 정성적인 특성을 관측하는 실험을 수행하였다. 첫번째는 화염 구조 가시화, 회박 연소 상태에서 가연 한계 측정, 라이너 출구에서 반경 방향으로의 온도 분포 측정이었다. 회박 연소 상태에서 화염 소멸 전의 화염 형태는 튜립 모양이고, 회박 가연 한계는 일차 영역에서 매우 좋은 값을 나타내었다. 그리고, 연소기 출구에서 고른 온도 분포를 보였다.

창이 있는 연소기를 사용한 hot test에서 프로판으로 점화하고 나중에 kerosene을 공급하면서 가시화 시험을 하였다. 그림(5.5)는 $P_2^* = 100$ KPa, $T_2^* = 290$ K, 공기 공급 유량 $\dot{m}_a = 0.16$ Kg/s, $\alpha_1 = 2.7$ (단일 버너)인 경우 화염 가시화 사진이다. 이 실험에서는 soot으로 인하여 창이 오염되는 것을 막기 위해서 가운데 연료 노즐만 사용하였다. 프로판에 kerosene을 첨가시키면 화염은 점차 덮개로부터 떨어져 나감을 알 수 있다. 이는 연료 증발로 인한 열손실 때문이다. 이러한 현상은 cold air 조건의 고품 시험에서도 일어난다. 이런 화염 분리 현상은 air assist용 공기 유량을 증가시킴으로써 제거할 수 있다.

마지막으로 주연소 영역의 제트와 frontal device로의 공기 공급 유량 사이의 공기 분포의 영향에 대해 실험하였다. 실제 연소기의 디퓨저 압력 손실과 같은 정도의 낮은 압력 손실이 생성 되도록 공기 배분기를 조절한 상태에서 매연(soot)없는 안정된 화염이 존재하였다.



그림(5.5) 화염 가시화 사진

제 3 절 고공 성능 시험 장치를 이용한 실험 결과

첫단계 시험 목표는 안정 연소 영역 결정과 점화 플러그의 위치가 다른 경우 고공 조건에서 연공비에 따른 점화 조건을 결정하는 일이었다. 그리고 시험 결과를 현재 사용하는 다른 연소기(러시아의 PS-90A 엔진)와 비교하였다.

1. 실험 장치 및 실험 기법

본 실험에서는 3 개의 frontal device가 장착된 창이 없는 분할 연소기를 사용하였다. 안정 연소 영역 결정 등의 실험을 위해 점화에 필요한 에너지 공급을 변화시킬 수 있는 여러 가지 용량을 갖는 점화 시스템을 사용하였고, 반도체 표면을 따라 방전되는 SP-43 점화 플러그를 사용하였다.

보통의 경우 2 J의 점화 에너지로 점화가 가능하나, 본 실험에서는 그 보다 큰 점화 에너지를 필요로 하므로 6 J의 점화 에너지를 사용하였다. 그 이유는 현재의 연소기가 실제의 유량 및 압력 조건에서 실험을 수행하지 않고, 특히 점화가 어려운 회박 혼합 상태에서 점화 가능 시험을 수행하기 때문이다. 또한 유량과 압력 조건이 같을지라도 점화 에너지의 크기에 따라 점화 가능성 여부가 다르므로, 점화 에너지에 따라 점화 가능 영역이 달라지게 된다.

점화 가능 영역은 어느 조건에서의 점화 가능성 여부를 나타내는 것으로 다음과 같이 결정한다.

- 1) 공기와 연료 공급을 원하는 조건에 맞춘다.
- 2) 점화 시스템을 가동시킨다.
- 3) 점화가 되지 않으면, 회박 연소일 경우 연료의 유량을 증가시킨다.
(농후 연소일 경우 연료의 유량을 감소시킨다.)
- 4) 점화가 되면, 그 순간의 공기 및 연료의 공급 조건을 유지시키고, 공

급 조건을 기록한다.

- 5) 화염을 소멸시킨 후, 점화 순간의 공기 및 연료의 공급 조건을 유지시키면서 재점화를 시도해 점화가 되는지 다시 확인한다.

점화 가능 영역의 측정은 연료 밸브에 의해 제어된다. 혼합 기체가 점화되지 않으면 연료의 유량을 증가시키고 이러한 과정을 혼합 기체의 점화가 안정될 때까지 계속 반복한다. 이러한 과정으로 '회박' 점화 경계를 결정한다. '과농' 점화 경계도 위와 같은 과정으로 결정하지만 연료 공급 유량은 점화가 될 때까지 점차적으로 감소 시킨다.

정해진 공기의 공급 유량에서 연료의 공급 유량을 바꾸어 가며 점화 가능 영역의 측정이 완료되면, 화염 안정 영역의 측정을 수행한다. 보통 화염 안정 영역은 점화 가능 영역보다 넓으며, 회박 연소의 경우에는 점화 가능 영역의 측정이 완료된 후 연료 공급 유량을 다시 줄여 가며 측정한다.

공기의 공급 유량이 증가하면, 같은 점화 에너지 즉 6 J의 점화 에너지로 점화가 불가능한 영역이 생기게 된다. 이 경우에 점화가 일단 일어나면, 화염은 안정된 영역이 존재하며, 이 때에는 점화 가능 영역의 측정은 불가능하고, 화염 안정 영역의 측정만이 가능하다. 화염 안정 영역의 측정을 위해서는 연료 노즐의 2 단계 노즐에 산소를 공급하여 강제 점화를 시킨 후 실험을 수행한다.

2. 실험 결과

가. 점화 플러그 위치의 영향

4 개의 점화 플러그 위치에 대한 실험 결과, frontal device의 축을 따라 길이 $L=27$ mm인 지점에 장착한 점화 플러그가 가장 좋은 결과를 보여 주었다. $V_A = 2.35$ m³/s, $T_A^* = T_F^* = 288$ K, $\theta_P = 6$ J의 실험 조건에서 연소기의 점화

는 $\alpha = 1.5$ 에서 관측되었다. 점화 플러그의 위치 $L = 50$ mm인 곳에서는 점화가 되지 않았고, 다른 두 지점에서는 점화가 불안정하고 상당히 큰 연료 유량에서 점화가 이루어졌다.

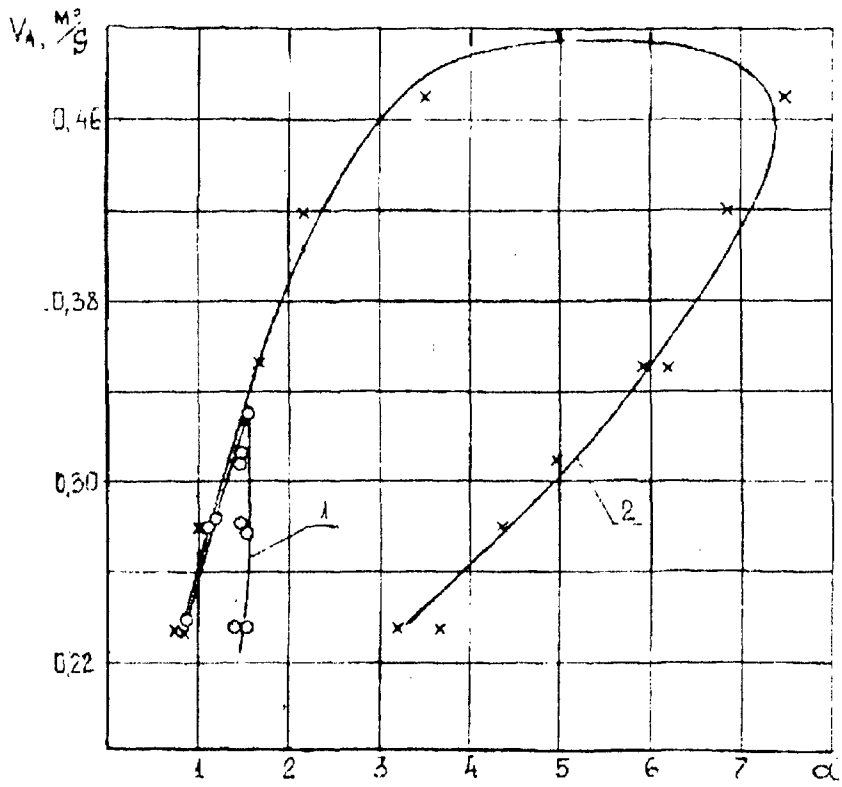
나. 점화 가능 영역과 화염 안정 영역

점화 가능 영역과 화염 안정 영역의 한계는 공기 체적 유량, $V_{A,limit} = 0.33$ 과 0.496 m³/s으로 얻어졌다. ($P_2^* = 50$ kPa, $T_2^* = 288$ K, $\theta_P = 6$ J) 공기 과잉비(α)에 따른 화염 안정 영역(그림(5.6) 참조)은 점화 가능 영역보다 훨씬 클 뿐만 아니라 화염 안정 경계에 대한 $V_{A,limit}$ 은 점화 가능 경계에 대한 $V_{A,limit}$ 보다 훨씬 크다. 이는 점화 가능 경계를 확장하거나 높은 $V_{A,limit}$ 값에서 점화가 가능하도록 향상시킬 수 있는 가능성을 보여 준다.

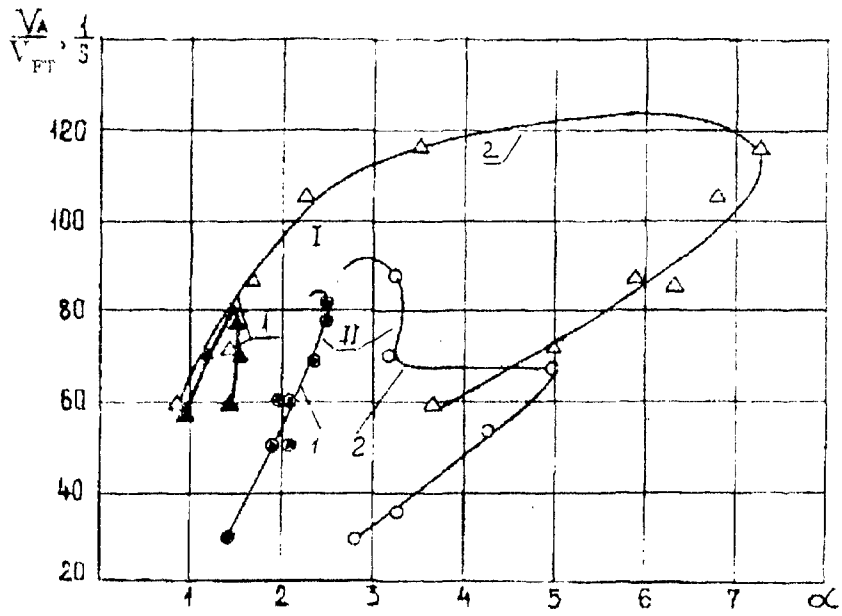
같은 조건에서 본 시험기와 비교 대상인 PS-90A 엔진을 시험한 결과를 그림(5.7)에 나타내었다. V_A/V_{FT} (V_{FT} : 라이너에 해당하는 용량)의 함수로 표현된 점화 가능 영역 및 화염 안정 영역 값에서는 주어진 α 와 $V_{A,limit}$ 에서 시험 대상 연소기의 화염 안정 영역이 PS-90A 엔진 연소기 보다 훨씬 큰 값을 가짐을 보여 주고 있다. 하지만 점화 가능 영역은 주어진 α 에서 약간 작다. 이것은 연소기 사이에 벽이 존재하는 것과 점화 시스템의 문제에서 기인한다고 볼 수 있다.

이러한 예비 실험으로 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

- 1) 시험 대상 연소기의 화염 안정 영역은 만족할만한 특성을 보여 주었다.
- 2) 점화 가능 영역을 증가시키기 위해서는 점화 시스템의 최적화가 필요하다.
- 3) 이러한 결과들을 얻은 다음, 2 단계 작업으로 연료와 공기의 온도가 낮은 고공 시험을 수행해야 한다.



그림(5.6) 분할 연소기의 화염 안정 영역



그림(5.7) PS-90A 엔진의 화염 안정 영역

제 4 절 KARI 성능 시험 장치를 이용한 연소기 성능 시험 계획

1. 공기 역학적 특성(Cold Flow)

가. 유동 가시화

연소기 내부에서 유동은 여러 가지 형태로 존재한다. 디퓨저에서 나온 공기가 frontal device 근처, 케이싱과 라이너 사이, 라이너 공기 구멍 등으로 흐르는 형태를 알아보기 위해서 연소기 전체에 대한 유동 가시화가 요구된다. 또한, 이런 대략적인 유동 형태, vortex, reverse flow 등의 파악은 속도 측정을 용이하게 해 준다. 이런 이유로 전체 유동장에 대한 가시화를 하고자 한다. 이러한 방법은 large-scale-flow motion을 관찰하는 데에 주 목적이 있다. 세부적으로는 다음과 같은 곳에서의 가시화를 계획하고 있다.

- 1) 유입 공기 유동
- 2) Casing과 liner 사이의 유동
- 3) 1 차 liner hole 사이의 유동
- 4) Film cooling 유동
- 5) Fuel nozzle 근처에서의 유동
- 6) Swirler 출구 유동
- 7) 2 차 liner hole 사이의 유동

연소기 내부의 개략적인 가시화는 smoke wire 방법과 Laser sheet beam을 이용한 가시화를 이용한다. Smoke wire 방법은 smoke wire를 가열시킨 후 비디오 카메라로 연속적인 촬영하는 방법인데, 이 방법을 이용하기 위해서는 실제 가시화가 가능한 유동의 속도가 수 m/s 이내이어야 한다. Laser sheet

beam을 이용한 가시화 방법은 레이저의 출력을 최대로 하고, shutter 속도를 최소로 하면서 유동장의 산란 입자에 laser sheet를 입사 시켜 사진 촬영에 이용하는 방법인데, 유동의 식별이 가능할 때까지 유동 속도를 증가시켜 실험을 수행한다. Laser sheet beam을 이용한 가시화 방법을 사용하기 위해서는 산란 입자의 강도가 커야 하며, laser 강도도 커야 한다.

위의 실험을 수행하기 위한 실험 조건은 표(5.2)와 같다.

표(5.2) 속도 측정을 위한 실험 조건

	압력(KPa)	온도(K)	유량(Kg/s)	평균속도(m/s)
Ground Idle	101.3	288	0.224	39.75
Max. Altitude 1	101.3	288	0.696	123.5
Max. Altitude 2	202.6	288	0.696	61.76

* 위의 값들은 실제 조건과의 상사성을 고려하여 계산한 값임.

나. 속도 측정

개스터어빈 연소기 유동 특성은 연소 안정성, 대기 오염 배출물, 연소기 출구에서의 온도 분포 등을 개선시키는 중요한 인자이다. 속도 측정은 연소기의 기하학적인 형상과 계측 기법의 제한을 많이 받는다. 이런 점을 극복하기 위해서 연소기 sector를 제작하고 광학적 계측기인 L.D.V.를 사용하여 연소기 각 부분의 평균 속도와 난류 섭동량, 난류 세기, 난류의 cross-correlation 등을 측정하고자 한다.

L.D.V.를 이용한 측정은 0.5 ~ 3 μm 정도의 입자를 유동 속에 흘려 보내 Mie scattering을 이용 Doppler Signal로 유속을 측정하는 방법으로 라이너가 없는 경우와 diffuser 부분에서는 2 차원의 속도 벡터를 구하고, 연료 분사 노즐 근처에서는 3 차원의 속도 벡터를 측정한다. 또한, 광학적인 접근이 불가능한

지역에서 속도의 평균치를 대략적으로 알고자 하는 지역에서는 Hot-wire 또는 Pitot-tube를 사용하여 측정한다.

우선 라이너를 장착하지 않은 상태에서 diffuser exit의 5 점과 전체 유동장에서 20 ~ 30 mm의 간격으로 50 ~ 120 점의 속도 벡터를 측정한다. 그리고, 라이너를 장착한 상태에서 다음과 같이 측정한다.

- Diffuser exit의 속도 벡터 측정
- Casing과 liner사이의 속도 (10 mm 간격)
- Liner 근처에서 5 mm 간격으로 속도 벡터 측정(공기 구멍으로 들어가는 공기 유량 계산)
- Film cooling hole 의 속도 (2 mm 간격, liner 위, 아래 중간 부분)
- Fuel nozzle의 속도 측정(2.5 mm 간격으로 3 차원 측정, swirl 영향 분석)
- Liner 안쪽의 속도와 난류 강도 측정(화염이 존재하는 영역에서의 속도, 난류 강도가 화염의 속도, 온도 분포, 물농도 등에 미치는 영향)

이 실험의 중요한 점은 라이너 안에서의 속도와 라이너 벽면에서 film cooling의 양과 primary & second zone에서 공기 유입량이 설계 값과 부합하는가 하는 점이다. 또한 NO 문제와 관련한 난류 강도의 분포이다. 이와 같은 실험을 수행하기 위한 실험 조건은 표(5.3)과 같다.

표(5.3) 속도 측정을 위한 실험 조건

	압력(KPa)	온도(K)	유량(Kg/s)	평균속도(m/s)
Max. Relight 1	101.3	288	0.516	91.57
Max. Relight 2	202.6	288	0.516	30.52
Ground Idle	101.3	288	0.224	39.75
Max. Altitude 1	101.3	288	0.696	123.5
Max. Altitude 2	202.6	288	0.696	61.76
Normal Cruise	202.6	288	1.23	72.75
Take-Off	202.6	288	1.74	102.8
Cold Day	202.6	288	2.0	118.3

* 위의 값들은 실제 조건과의 상사성을 고려하여 계산한 값임.

다. 압력 측정

연소기에서의 압력 손실은 연소기 전체 형상 및 라이너 설계의 중요한 인자이다. 설계 시 고려된 압력 손실이 실제 연소기에서 측정된 압력 손실과 비교하기 위해서 압력을 각 부분에서 측정하고자 한다.

우선 casing에서 정압 분포를 측정하고, diffuser에서 전압력과 정압력을 측정한다. 또한, 연소기 출구에서의 압력 측정과 라이너 유무에 따른 압력 손실의 변화량과 라이너 상하 채널의 압력 측정을 수행한다. 압력 측정은 Pitot tube와 압력 탭을 이용하며, 예상되는 압력 손실은 설계 값인 6 % 이하이다.

2. 연료 분무와 미립화

가. 연료 분사 노즐의 전체 형상

연료의 분사는 주위 공기와의 혼합, 화염의 안정성에 큰 영향을 미친다.

Nozzle spray에 대한 중요한 특성은 분무 각도, penetration, 액적의 크기 및 분포 등이다. 여기서는 대기 상태인 surrounding으로 분사될 때, nozzle 자체만 가지고 분무의 전체적인 형성과 분무 각도를 알아 보고자 한다.

Schiliren 가시화 방법을 사용하며, CCD camera를 이용하여 기록한다. 안전성을 위해 kerosene 대신 물을 사용하며, 단일 노즐을 이용한 실험 조건은 다음과 같다.

- Ground idle 1.95 g/s
- Max.Altitude 12.6 g/s
- Normal Cruise 26.5 g/s
- Max. Thrust 33.1 g/s

표(5.4) 연료 분사 노즐 특성 분석을 위한 실험 조건

실험 조건	공기 유량(g/s)	연료 유량(g/s)
Ground Idle	9.2	1.95
Max. Altitude	59.5	12.6
Normal Cruise	124.5	26.5
Max. Thrust	156.0	33.1

* 위의 값들은 실제 조건과의 상사성을 고려하여 계산한 값임.

나. 액체 연료의 분포 및 농도 측정

연료 분사의 중요한 특성인 액적의 크기, 공간적인 액적의 분포 등을 대기 상태에서 분사될 때, 또는 대기압보다 높은 압력 상태에서 분사될 때 어떻게 되는가를 알아보고자 한다. 주위 압력에 따른 분무 특성의 연구와 더불어 연료의 분사 각도와 농도의 측정 및 축방향 농도 측정을 수행하며, swirl이 존재할 때

주위의 유동이 분무의 형상, 액적의 크기, 액적의 분포 등에 어떤 영향을 주는가를 알아보려고 한다.

입자의 회절 효과를 이용한 Marvern 시스템을 이용하여 축 또는 반경 방향의 농도와 액적 입자의 크기, 입자 분포 등의 측정을 수행하며, CCD Camera를 이용한 화상 처리로 입자 분포 및 농도를 측정한다. 실험 조건은 다음의 표 (5.4)와 같다.

여 백

제 6 장 결 론

항공기용 엔진에는 넓은 범위의 고도와 마하수에 걸쳐 화염 안정성이 유지되며, 효율이 높고 배기 가스가 적게 나오는 연소기가 요구된다. 본 과제 1차 년도에 이러한 요구 조건에 부합하는 연소기의 설계를 수행하였다.

당해년도인 2차 년도에는 1차 년도에 수행한 기본 설계를 바탕으로 설계 보완 작업을 수행하여, 연소기 안에서의 유동 속도를 최신 연소기에 보편적으로 사용되는 유동 속도 범위(20 ~ 30 m/s) 이내로 낮추기 위해 연소기 외경을 증가시켰으며(560 → 680 mm), 이에 따라 전체 인젝터 수는 증가하였고(18 → 24 개), 연소기 길이는 감소하였다(402 → 340 mm). 변화된 형상을 바탕으로 연소기의 주요 인자를 계산한 결과, 압력 손실 $\delta = 5.6\%$, pattern factor $\theta_{\max} = 1.26$ 으로 설계 요구 조건이 충족됨을 확인하였다.

보완된 설계 결과를 바탕으로 연소기 내의 상세한 유동을 알기 위해서 속도, 압력 분포를 계산하였으며, 라이너 온도/열응력, 배기 가스 성분, 출구 온도 분포 등도 계산하였다. 위의 계산 결과 들은 연소기 제작 및 시험 과정에 유용한 자료를 제공해 줄 것이다.

보완된 설계 결과를 바탕으로 분할 연소기(sector)를 제작하였으며 full-scale 연소기를 현재 제작 중에 있다. 창(quartz window)이 있는 분할 연소기를 이용하여 지상 성능 시험을 수행하였고, 창이 없는 분할 연소기를 사용하여 고공 성능 시험을 수행하였다. 지상 성능 시험에서는 frontal device에서의 압력 손실과 유량의 관계를 알아내었고, 연료 미립화 및 혼합 특성을 특정하였으며, 점화를 위한 점화 플러그의 최적 위치를 결정하였다. 이 외에 화염 구조 가시화, 회박 가연 한계 측정, 연소기 출구 온도 분포 측정 등의 실험을 수행하였다. 고공 성능 시험에서는 점화 플러그의 위치를 결정하였고, 점화 가능 영역과 화염 안정 영역을 찾아 내었다. 본 연구 과제를 통해 설계/제작된 분할 연소기의 화염 안정 영역은 만족할 만한 특성을 보여 주었으나, 점화 가능 영역은 만족스

럽지 못한 특성을 보여 주었다. 점화 가능 영역을 확장 시키기 위해서 점화 시스템의 최적화가 요구된다.

CIAM에서의 연소기 성능 시험과 더불어, 항우연에서 기본적인 연소기 시험 평가 작업을 수행하기 위해 시험 항목 선정 작업 및 시험 방법에 관한 연구를 수행하였으며, 시험 계획을 수립하였다. 또한 성능 시험 장비의 기본 설계, 상세 설계를 수행하였고, 성능 시험 장치를 제작하였다.

3 차 년도에는 창이 없는 분할 연소기와 현재 CIAM에서 제작 중인 full-scale 환형 연소기에 대한 성능 시험을 CIAM이 보유하고 있는 설비를 이용하여 수행할 계획이며, 창이 있는 연소기에 대한 성능 시험을 항우연에서 설계/제작한 시험 설비를 이용하여 수행할 계획이다. 이러한 시험 들을 통해 성능 시험 기술을 개발, 축적하고, 연소기의 유동 특성 및 연소 현상에 대한 연구를 수행한 후, 이를 바탕으로 설계된 연소기의 종합 성능을 평가하고 설계 개선 방향을 모색할 것이다

참 고 문 헌

1. Duffey, W.H., "Temperature Indication Paints as They Assist in Gas Turbine Design Processes," SAE Paper No.650705.
2. Halpern, C. and Moffat, C.J., "Bibliography of Temperature Measurement," NBS Monograph No. 27, April 1961, National Bureau of Standards, U.S. Department of Commerce.
3. McDaniel, G.W. and DiMattia, A.P., "Inspecting Infrared Optical Materials and Systems by Means of the Evaporograph," Applied Optics, Vol. 1, No. 4, July 1962, pp. 483-491.
4. Camac, M. and Feinberg, R.M., "High Speed Infrared Bolometer," Review of Scientific Instruments, Vol. 33, No. 9, September 1962, pp. 964-972.
5. Schetz, J., McVey, W., Padhye, A., and Manteanu, F., "Studies of Transverse Liquid Fuel Jets in High-Speed Fir Streams," AFOSR-TR-76-1168, AD A032817, July 1976, Air Force Office of Scientific Research, Arlington, VA.
6. Lee, J.C. and Ash, J.E., "Three-Dimensional Spherical Pitot Probe," ASME Transactions, Vol. 78, 1956, pp.603-608.
7. Pengelley, A.E.S., "Mew Equipment for Flame and Furnace Research," Journal of the Institute of Fuel, Vol. 35, No. 256, May 1962, pp. 210-219.
8. MacFarlane, J.J., "An Omni-Directional Velocity Vector Probe Suitable for Use in Gas Turbine Combustors:Design Development and

- Preliminary Tests in a Model Combustor," NGTE R.317, ARC CP 1254, October 1971, Aeronautical Research Council, England.
9. Follansbee, P.S. and Dils, R.R., "Experimental Clean Combustor Program Turbulence Characteristics of Compressor Discharge Flows," NASA CR-135277, October 1977
 10. Durst, F., Melling, A., and Whitelaw, J.H., Principles and Practice of Laser-Doppler Anemometry, Academic Press, New York, 1976.
 11. Tine, G., Gas Sampling and Chemical Analysis in Combustion Processes, AGARDograph 47, Pergamon Press, Ltd., London, 1961.
 12. Toone, B. and Arkless, F., "Application of Gas Analysis to Combustion Chamber Development," Seventh Symposium (International) on Combustion, Butterworth Scientific Publications, London, 1959, pp. 929-937.
 13. Toone, B. "Chemical Analysis in Combustion Chamber Development," Progress in Combustion Science and Technology, Vol. 1, ed. by J.Ducarme, M.Gerstlein and A.H. Lefebvre, Pergamon Press Ltd., London, 1960, pp. 37-59.
 14. Fristrom, R.M., "Chemical Evolution of the Combustion Process: Experimental Determination of Local Concentration in Flames," Part 1.4, (AGARD) Experimental Methods in Combustion Research, Pergamon Press Ltd., London, 1961, pp. 6-31.
 15. Wassell, A.B., "Development of Pollution Controls for Rolls Royce RB 211 and Olympus 593 Engines," SAE Paper No. 740483.
 16. Society of Automotive Engineers, "Aircraft Gas Turbine Engine Exhaust Smoke Measurements," SAE Aerospace Recommended Practice (ARP

1179), May 1970.

17. U.S. Environmental Protection Agency, "Control of Air Pollution from Aircraft and Aircraft Engines," Federal Register, Vol. 38, No. 136, Part II, 17 July 1973.
18. U.S. Environmental Protection Agency, "Control of Air Pollution from Aircraft and Aircraft Engines," Federal Register, Vol. 43, No. 58, Part III, 24 March 1973.
19. Clarke, A.E., Gerrard, A.J., and Holliday, L.A., "Some Experience in Gas Turbine Combustion Chamber Practice Using Water Flow Visualization Techniques," Ninth Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, Pittsburgh, 1963, pp. 45-73.
20. Graydon, K. and Miller, S.C., "Combustion Development on the Rolls Royce Spey Engine," Combustion in Advanced Gas Turbine Systems, ed. by I.E. Smith, Cranfield International Symposium Series, Vol. X, Pergamon Press Ltd., London, 1971, pp. 45-73.
21. Poyser, J.R. and Moxon, H.B., "The Evolution of the RB 162 Combustion System for VTOL Applications," Combustion and Heat Transfer in Gas Turbine Systems, ed. by E.R. Norster, Cranfield International Symposium Series, Vol. XI, Pergamon Press Ltd., London, 1971, pp. 33-62.
22. Sotheran, A., "Some Combustion Aspects of Plenum Chamber Burning," Combustion and Heat Transfer in Gas Turbine Systems, ed. by E.R. Norster, Cranfield International Symposium Series, Vol. XI, Pergamon Press Ltd., London, 1971, pp. 63-88.

참여기업 보고서

항공기 엔진/부품의 CAD/CAM 및 성능 시험 기술 개발(Ⅱ)

Development of CAD/CAM and Performance Evaluation
Techniques for Aircraft Engine/Component(II)

1995. 1

연 구 기 관
삼성항공산업주식회사

제 출 문

한국항공우주연구소장 귀하

본 보고서를 "항공기 엔진/부품의 CAD/CAM 및 성능시험기술개발(Ⅱ)" 과제
의 2차년도 최종 보고서로 제출합니다.

1994 년 12 월

연구기관 : 삼성항공산업주식회사

연구책임자 : 김 재 철

김 승 우

허 광 학

최 태 훈

이 근 선

김 동 진

임 성 호

이 시 우

정 은 환

목 차

제 1 장 서언	1
제 2 장 기본설계과정(형상)	2
제 1 절 연소기 단면적의 산출	2
제 2 절 라이너전장의 계산	2
제 3 절 라이너 개구면적	5
제 3 장 기본설계과정(형상과 사양)	7
제 1 절 연소기의 기본형상	9
제 2 절 상세설계를 위한 계산	12
1. Hole 면적의 분배	13
2. 연소실의 유체역학적 계산	13
3. 라이너의 냉각시스템	15
4. 연소기 case 외벽두께의 계산	19
제 4 장 SAPREVCH의 사용법)	21
제 1 절 입력 데이터를 위한 변수	21
제 2 절 출력 테이블에 표시되는 변수	23
제 3 절 프로그램에 사용하는 명령어	24
제 4 절 SAPREVCH 작동	25
1. 초기데이터의 처리	25
2. 프로그램의 수행	27
제 5 절 연소기의 도면화 과정	32
제 5 장 결 언	37
부 록 1 : 계산결과출력	38

제 1 장 서언

항공기용 가스터어빈 엔진은 크게 압축기, 연소기, 터빈 및 기타 제어 시스템 등으로 구성되어 있음은 주지의 사실이다. 항공기용 엔진의 개발은 사양에 따라서 엔진의 형태 및 개수, 출력, 압축비, 바이패스비 등의 주요한 변수들이 사양에 따라 정해지고, 엔진의 외형적인 크기 및 질량도 정해진다. 이러한 작업이 기계(機體)와의 상관 관계를 고려하여 반복적인 수정 과정이 완료되면 엔진의 각 부분들의 설계가 시작된다.

각 component의 설계에서는 기존의 설계 데이터를 이용하여 상기의 출력 등의 사양을 고려하여 변경이 필요한 변수들을 수정 및 추가하여 소정의 설계 과정을 수행하며, 연소기 설계도 같은 절차를 거쳐 수행된다. 즉, 사양의 검토가 끝나면 정해진 사양과 외형적인 크기 등의 기본 사양을 기초로 하여 기본 형상의 계산, 상세 계산을 거쳐 도면화 작업이 수행된다. 도면화된 연소기 각 부품은 제작성의 검토 및 제작을 위한 도면 작업이 추가되어 연소기를 시제작하고 시험 과정을 거쳐 최종의 연소기를 만들어 내게 된다. 이러한 과정에서 연소기의 기본 형상 계산 및 상세 계산은 많은 이론과 경험, 그리고 시험 데이터를 필요로 한다.

전술한 바와 같이 연소기의 설계에 있어서 필요로 하는 기본 형상의 계산, 상세 계산 및 도면화하는 과정을, 환형의 역류형 연소기 설계에 사용되고 있는 SAPREVCH를 구동시키면서 살펴보고자 한다.

역류형 연소기 설계에 사용되고 있는 SAPREVCH는 이론적, 경험적 수식을 이용하여 다음과 같은 기능을 수행하게 된다.

입력데이터

- 연소기의 외형적인 형상 치수
- 연소기 입구의 공기 조건 (압력, 온도 등)

출력데이터

- 연소기 형상 치수
- 연소기 출구의 온도 구배 (pattern factor)
- 압력 손실 계수
- 연소 효율

보다 상세한 것은 본 내용을 진행시키면서 각 부분에서 상세히 서술하기로 한다.

제 2 장 기본 설계 과정 (형상)

연소기 단면적을 결정하는 대표 치수는 연소기 케이싱의 내경, 연소 성능상의 소요 치수 또는 허용 전압 손실치로부터의 소요 치수 중 큰 경우를 선택한다. 통상, 전압 손실을 허용치 이내로 달성하기 위해 필요한 쪽이, 연소 성능상 필요한 크기보다도 크고, 전압 손실의 관점으로 부터 정해지는 경우가 많다. 즉, 전압 손실을 많이 취하면 연소기 단면적은 작게된다.

연소기의 길이는 라이너 내부를 주연소 영역, 2차 연소 영역, 회석 혼합 영역으로 구분하고, 각각의 영역에 대해서 필요한 크기를 구해서 전체를 결정한다.

제 1 절 연소기의 단면적 산출

연소기의 단면적을 허용 전압 손실치로부터 정하는 방법으로는 우선 전압 손실 계수를 정의한다. 이 계수는 물리적 의미는 가지고 있지 않지만 연소기 상호의 비교를 행할때 편리한 무차원수이다.

전압 손실 계수를 결정하는 과정에서 얻어지는 케이싱 단면 평균 유속과 공기의 체적 유량에서 케이싱 단면적(통상 최대 단면적)을 얻는다.

연소기의 라이너의 단면적은, 라이너 단면적/ 케이싱 단면적 0.6이 하나의 기준이 된다. 연소 성능상은 이 비가 큰 쪽이 유리하다.

제 2 절 라이너 전장의 계산

1. 주연소 영역의 길이

공기 부하율 = 공기 유량/(주연소 영역 용적 × 입구 공기 압력)의 관계에서 주연소 영역의 용적은 단면적과 길이의 관계이므로 주연소 영역의 길이를 구한다. 공기 부하율은 사용 연료를 이용한 대기압 연소 실험에 의해서 구한다.

보염 특성에 관해서는 연료-공기혼합기의 화염 전파 속도를 기본으로서 공기 부하율을 정하는 인자로서 이용한다.

2. 2차 연소 영역의 길이

2차 연소 영역의 길이는 유입한 공기의 혼합에 필요한 길이와 연소에 필요한 길이의 합으로 한다. 혼합에 필요한 길이에 대한 데이터는 거의 없지만 개략적으로 표현하면 라이너 직경의 0.6배를 기준으로 한다.

2차 연소영역의 평균 공연비를 선정하여 공기유량을 구하고 공기부하율을 구한다. 연소에 필요한 체적은 2차영역에서 유입하는 공기량과 공기부하율 및 입구공기압력으로 구할수 있다. 따라서 2차영역중 연소에 필요한 영역의 체적으로부터 정해져있는 라이너 직경을 도입하면 연소영역의 필요한 길이를 구한다.

3. 회석 혼합 영역의 길이

회석 영역의 길이는 경험적으로 라이너 직경, 압력 손실율, 출구 온도 불균일율과 함수 관계로 나타낼 수 있다. 이 관계는 실험 데이터에 의해 얻을 수 있다.

4. 라이너 길이에 대한 수정

라이너 길이는 라이너 직경과의 비로서 전체 형상의 관계를 조사하는 것이 가능하다. 실험으로서 라이너 길이는 라이너 직경의 2 배에서 2.5 배 정도의 것이 대부분이다. 이 수치가 작은 연소기는 연소 효율 특성, 출구 온도 분포의 조정이 어렵다.

또한, 다른 판단 기준의 하나로서 평균 체류 시간으로써 평가가 가능하다. 평균 체류 시간(라이너 길이/평균 유속)은 기존의 연소기에서 얻을 수 있는 경험치를 이용하면 된다.

또 다른 한가지로서는 연소 부하율은 연료 유량, 연료의 저발열량, 라이너 용적, 입구 공기 압력의 관계에서 구할 수 있다. 이 관계에서 라이너 전체 길이를 구할 수 있다.

제 3 절 라이너 개구 면적

라이너 내에 유입하는 공기 통로의 면적: 스웰러, 라이너 공기공, 라이너 벽 공기공 등을 정한다.

1. 전 라이너 개구 면적

전 라이너 개구 면적은 전압 손실 계수의 함수로서 구하는 것이 가능하다. 개구 면적비(라이너 개구 면적비 / 연소기 케이싱 단면적)가 증가할 때 전압 손실 계수는 작게, 반대의 경우는 크게 잡아야 하는 특성을 가지고 있다.

또한, 라이너 공기공 유속비(개구 면적부의 가상적인 유속/ 케이싱 단면 평균 유속)와 케이싱 단면 평균 유속은 반비례에 가까운 성향을 나타내면 타당한 경향이 된다.

2. 라이너 개구 면적의 배분

라이너 개구부는 스웰러(1 차 공기 도입용), 1 차 공기공, 2 차 공기공, 회석 공기공 및 벽면 냉각 공기공으로 구성된다. 이 개구 면적 배분은 주연소 영역, 2 차 연소 영역, 회석 혼합 영역의 유입 공기량 비율에 맞추는 것이 간단, 더우기 실용상 충분한 방법이다. 주연소 영역에 흐르는 냉각 공기는 100 % 연소 공기로, 2 차 연소 영역에 유입하는 냉각 공기는 30 ~ 50 %가 연소용 공기로 이용된다고 보아도 무방하다.

3. 스왈러 개구 면적

스왈러로부터의 공기량은 너무 적으면 스왈러의 효과가 없어지고 너무 많으면 진동 연소의 발생 등의 장애를 일으킨다. 스왈러의 개구 면적은 전체 개구 면적에 대해 10 ~ 40 % 정도를 취하는 것이 적정하고 비율은 최대 단면 평균 유속(10 ~ 40 m/s)이 큰 경우에 이 비는 작아진다.

4. 라이너 공기공 직경

1 차 공기공 직경은 스왈러와의 상대 위치에 의해 최적치가 변화하고, 스왈러와 같이 검토되어야 한다. 2 차 공기공 직경은 공기공으로 부터의 분류 관통 거리를 기준으로 삼아서 그 소요치를 정한다. 라이너 직경과 최대 단면 평균 유속의 크기가 직접적인 영향을 미친다.

회석 공기공 직경은 실례를 기준으로 할때 라이너 직경의 0.18 배가 기준이 된다.

5. 라이너 냉각공 단면적

라이너 벽온도는 라이너 벽면에서의 화염 복사에 의한 전열과 연소 가스로 부터의 대류 전열 및 냉각 공기에 의한 대류 냉각과 케이싱에서의 복사열 방사의 균형이 잡힌 점이 된다. 따라서 냉각 공기량은 발열량을 계산해서 라이너벽 허용 온도, 냉각 효율을 주어서 산출하는 것이 가능하다. 실례의 냉각공 면적은 냉각 효율을 100 %로 가정하였을 때의 3 배 정도를 취하고 있다.

제 3 장 기본설계과정 (형상과 사양)

역류형 연소기의 설계 절차에서도 연소기의 기본적인 원리의 연구와 연소기 부품 및 full scale 에 대한 시험을 포함한 제반의 연구를 기초로 한 많은 실험적 데이터를 필요로 한다. 이러한 것을 바탕으로 하여 기초적인 이론 및 연소기 특성 들이 고려되고, 항공 산업에서 얻은 연소기 개발의 풍부한 경험이 이용되어야 한다.

예를 들면, 터빈에 입력되는 가스 온도장의 좋은 균일도를 얻기 위해서는 라이너의 hole의 전체 면적을 줄이고, 라이너의 길이를 늘이는 방안이 있다. 그러나, 이런 경우에 압력 손실이 증가하고 엔진의 축길이가 무게가 증가하게 된다.

라이너를 짧게 하면 라이너의 frontal부분이 줄어들게 되어 고공에서 연소기의 재점화 특성이 악화된다. 그리고 엔진의 배기 가스(CO)가 증가하게 되고, 연소 효율 및 안정성 범위가 악화하게 된다. 여기에서 각각의 특성들은 독립적인 변수에 의해 변화하는 것이 아니고 상호 상관 관계를 가지는 함수의 관계로 영향을 미치므로 엔진의 용도 및 사양에 따라 영향 인자의 우선 순위가 결정되게 된다. 기본적인 연소기 설계 절차는 그림 1에 나타낸다.

엔진의 구동 특성과 형상에 영향을 미치는 인자를 살펴보면 다음과 같다.

- a) take-off, 최대 압력, 최대 온도, 아이들링 조건에서의 연소기 구동 특성 (온도, 압력, 속도, 당량비)
- b) 연소기 입구의 높이, 평균 직경
- c) 고공 엔진 구동 조건에서 후연소의 원리
- d) hole의 면적비
- e) 디퓨저의 상대 길이

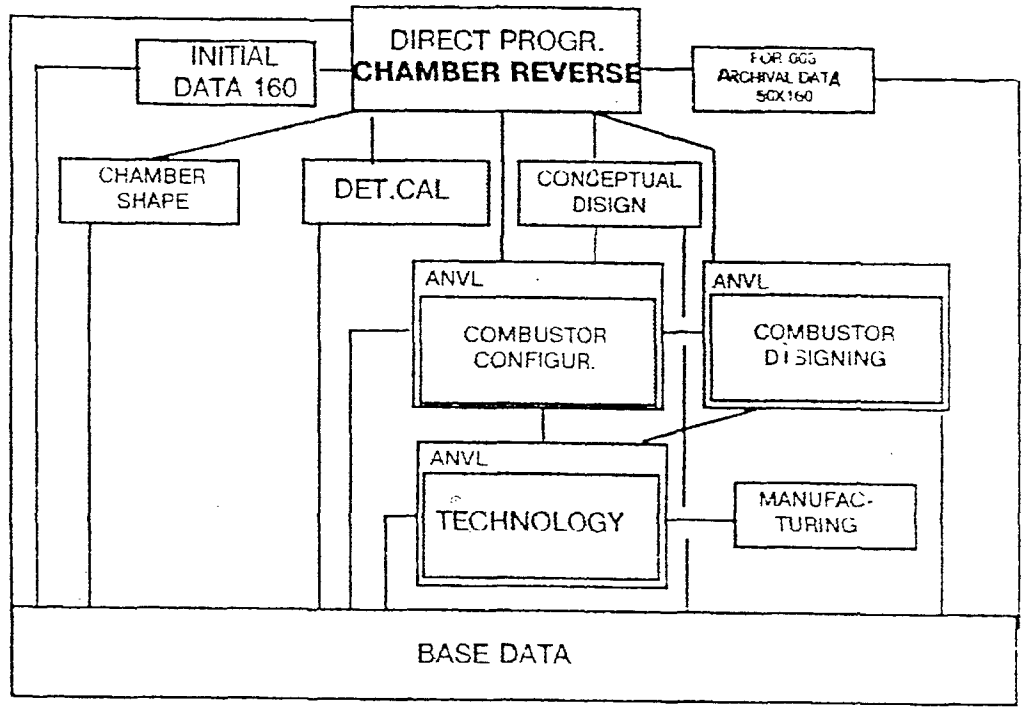


그림 1. SAPREV에서 연소기설계의 절차

제 1 절 연소기의 기본 형상

연소기의 기본 형상을 결정하기 위해서는 다음과 같은 변수의 계산을 실행한 후 변수들의 값들이 설계 목표치를 만족시킬 때까지 주요 형상등을 변화시키면서 계산되어 나오는 값들을 확인하여 결정한다. 계산되는 값들은 형상의 치수, 연소 효율의 평가, 터빈 입구의 온도 분포 (패턴 팩터), 압력 손실 계수, 연소기 질량이다. 대상으로 하는 연소기의 개략도를 그림 2와 같이 나타낸다. 그림에 나타낸 환형 연소기는 축류 터빈을 사용하는 경우를 대상으로 하였기 때문에 연소기 후단 부분이 원심 터빈을 사용하는 경우와는 달리 대칭에 가까운 형상을 하고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 연소기 후단 부분을 제외한 부분은 원심 터빈을 이용하는 엔진의 경우에도 응용할 수 있을 것이다.

전술한 바와 같이 형상 치수 및 연소 효율의 평가, 패턴 팩터, 압력 손실 계수, 연소기 질량을 각각 요구 조건에 맞도록 변화시키면서 반복 계산하여 인자들이 목표로 한 범위를 만족하도록 하여야 한다.

1. 연소기 형상

연소기 형상은 그림 2에 나타낸 것과 같이 다음과 같은 각 파트의 형상 치수가 필요하다.

- 디퓨저의 축은 압축기 출구의 유동 방향과 일치하고, 대개 연소기 입구에서 속도 벡터는 엔진 축 방향과 일치한다.
- 예혼합 영역을 가진 frontal 부분에서 예혼합 영역의 길이와 스월러의 직경, 스월러 직경과 그 입구 부분의 높이의 비는 경험적인 함수 관계식을 이용한다.
- 냉각 시스템을 포함하는 내, 외부 라이너의 두께가 계산되어 진다.
- 역류형 연소기 라이너는 크게 두 부분으로 나누어서 엔진축과 평행한

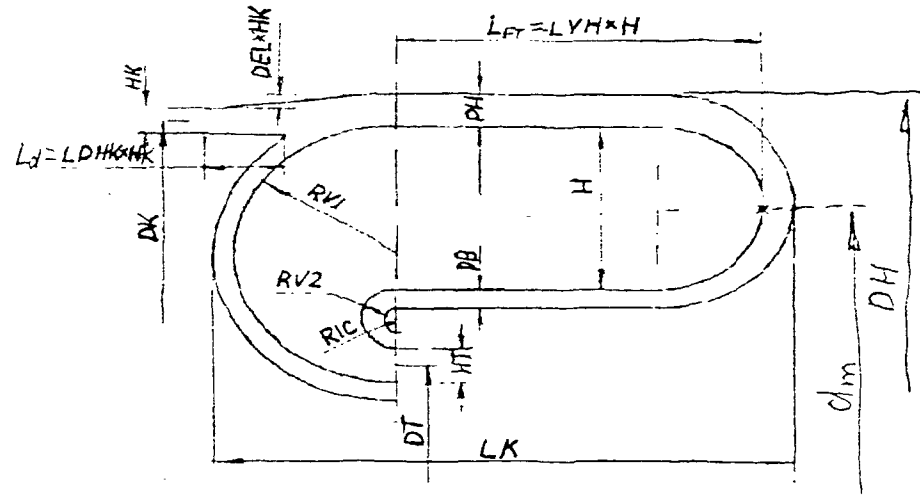


그림 2. 역류형 환형 연소기의 개략도

부분, 터빈쪽 출구를 향해 터닝하는 부분으로 나누어서 형상 치수를 결정해야 한다.

- 라이너의 폭의 크기가 디퓨저 부분의 폭과 함께 결정되어야 한다.

2. 연소 효율의 계산

$$\eta_k = 1 - 0.8K_v^2$$

$$K_v = 0.625 \times 10^4 \frac{2\lambda_k(1-G_{OT})}{P_k^{0.25} T_k^{1.5} \left(1 + \frac{d_T}{d_K}\right) \left(\frac{H}{h_k}\right)^2 \frac{L_{FT}}{H} h_k}$$

K_v 공기 유입 팩터는 0.002 ~ 0.005 범위 이내에서 선정하는 것이 바람직하다. 기호들에 대해서는 η_k 는 연소 효율, K_v 공기 유입 팩터, λ_k 이륙시의 속도 계수(= W_k/a_k), G_{OT} = 터빈 냉각 공기량 / 전체 공기량, P_k 연소기 입구 공기 압력, T_k 연소기 입구 공기 온도, d_T 연소기 출구 평균 직경, d_K 연소기 입구 평균 직경, H 라이너의 높이, h_k 연소기입구의 높이, L_{FT} 라이너의 길이, W_k 유입 속도, a_k 음속을 표시한다.

3. 연소기에서 압력 손실 계수

연소기내의 전체 압력 손실 계수는 디퓨저의 압력 손실 계수와 실제 연소가 발생하는 라이너 내부의 압력 손실값의 합으로 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\zeta_{\Sigma} = \left[\zeta_a + \zeta_o \left(\frac{F_K}{\mu F_o} \right)^2 (1-G_{OT}) + 0.5(\theta-1) \left(\frac{F_K}{F_{FT}} \right)^2 (1-G_{OT})^2 \right] [1 - \pi\lambda_k \times 100]\%$$

ζ_d 디퓨저의 항력 계수이고, ζ_o 는 다음과 같이 표시된다.

$$\zeta_o = \alpha \left(\frac{\Sigma F_o}{F_{EC} + F_{IC}}, \frac{\Sigma F_o}{F_{FT}} \right)$$

ζ_s 는 연소기 전체의 압력 손실 계수이고, ζ_d 는 디퓨저의 항력 계수, ζ_o 는 연소기 내의 hole의 항력 계수이다. F_K 입구 면적, F_o 는 hole의 전체 면적 (frontal device 면적을 포함), μF_o 라이너 전체에서 hole의 유효 면적, F_{FT} 는 라이너에서의 hole의 면적, $\pi(\lambda_K)$ 는 연소기 하류에서의 압력비 (정압/정체 압력), θ 는 연소기 내에서 가스 가열의 정도, $G_{OT} =$ 터빈 냉각 공기량 / 전체 공기량, F_{EC} External channel의 총면적, F_{IC} Internal channel의 총면적을 표시한다.

4. 연소기 출구 온도의 계산

연소기 출구의 pattern factor(θ_{max})는 다음과 같이 표현된다.

$$\theta_{max} = \frac{T_{max} - T_K^*}{T_{TP} - T_K^*} = f \left(\frac{\Sigma \mu F_o}{F_{FT}}, \frac{\Sigma \mu F_o}{F_{KK}}, \frac{L_{FT}}{H} \right)$$

θ_{max} 는 pattern factor, T_{max} 는 출구 최대 온도, T_K^* 는 입구 온도, T_{TP} 출구 평균 온도이다. Pattern factor는 라이너 내의 hole의 면적, 라이너의 길이 및 높이의 함수로 계산되어 진다.

제 2 절 상세 설계를 위한 계산

상세 계산에서는 연소기 내에서의 라이너 hole의 크기와 위치를 계산하고, 유체 역학적 계산에서는 가스의 평균 온도, 라이너 길이 방향으로 속도 구배 및 벽에서의 압력차 구배를 구한다. 또한, 냉각 시스템의 계산 및 냉각 공기의 계산

결과를 이용한 hole 면적의 분배를 행한다. 벽 두께를 결정하는 라이너의 재질의 안정성을 계산한다. 상세 계산의 절차는 그림 3에 나타낸다.

1. Hole 면적의 분배

상세 설계를 위한 계산에서는 hole면적의 분배, 길이 방향의 공기와 가스의 특성, hole의 위치와 크기, 라이너 및 case의 두께 등이 결정되어야 한다. 이때 hole의 분배 형태(KR), 냉각 시스템(KS), 단면의 길이(ALO), 라이너 외벽 연결 부분의 형태(KTH), 라이너 내벽 연결 부분의 형태(KTB)를 결정하는 변수들이다.

대체적으로 냉각에 사용하는 hole의 면적은 전체 hole면적의 약 30 % 정도로, starting zone과 dilution zone의 상대적 면적비는 각각 55 %, 45 % 정도로 분배되어 전체 hole 들이 계산되었다.

2. 연소실의 유체 역학적 계산

연소실은 n+1개의 단면으로 나누어서 (0는 입구, n은 출구)유체역학적 계산이 행해진다.

- hole을 통하는 공기 유동 방정식

$$gB_i = \mu B_i \times f B_i \times g \sqrt{2\rho_o(PB_i - P1_i)}$$

- 에너지 보존방정식

$$\left(G_F + \sum_{i=1}^{i-1} (gH_i + gB_i) \right) \cdot (J1_i + J0) = G_T (\eta_i H_v - JT_i + JT)$$

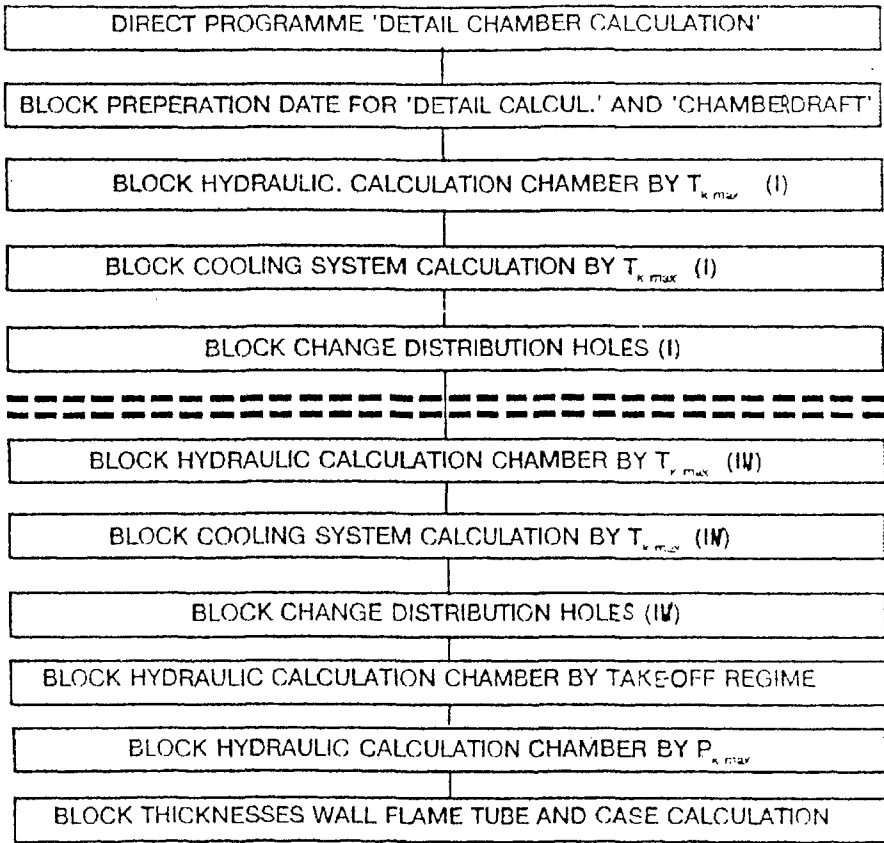


그림 3. 상세설계를 위한 과정

G_F frontal device를 통과하는 공기량, g_{Hi} , g_{Bi} 라이너 hole을 통과하는 공기량, f_{Bi} 라이너 i-ring에서 hole의 면적, J_{li} 라이너 i 단면에서 공기의 엔탈피, J_0 연소기 입구에서 공기의 엔탈피, H_v 열량, J_{Ti} 라이너 i 단면에서 연료의 엔탈피를 표시한다.

- 상태 방정식

$$\rho l_i = \frac{P l_i}{g R T l_i}$$

또한 충동(impulses) 방정식을 포함하여 근사법을 이용 계산이 행하여진다. 계산이 행하여지는 블록을 나누면 다음과 같다.

- 입구 단면에서 공기 변수 계산(LAM)
- 디퓨저의 항력 계수 계산(ITA)
- 단면 1, i, i+1에서 공기, 가스 변수 계산 (DH)

3. 라이너의 냉각 시스템

라이너에서 냉각에 쓰이는 공기 유동을 계산하기 위해서는 라이너 벽에 대한 열평형 방정식이 이용된다. 벽의 고온부와 저온부 사이에서 열교환의 표면이 뚜렷하다고 가정하면, 벽을 통한 열 전도도는 크고, 벽면을 따라서 일어나는 열전도의 영향은 크지않다.

무차원 열평형 방정식은 다음과 같다.

$$\theta_{ei} = \frac{\theta_{wi} - \frac{\bar{q}_{ki}}{\alpha_{ei}} - \frac{\Delta T_k}{T_{Gi} - T_k}}{1 - \frac{\Delta T_k}{T_{Gi} - T_k}}$$

여기에서,	$\theta_{ei} = \frac{T_{ei} - T_k}{T_{Gi} - T_k}$	벽근처에서 상대적인 가스 초과 온도
	$\theta_{wi} = \frac{T_{wi} - T_k}{T_{Gi} - T_k}$	상대적인 초과벽 온도
	$\frac{\Delta T_k}{T_{Gi} - T_k}$	상대적인 공기 예열
	$\bar{\alpha}_{ei} = \frac{\alpha_{ei}}{\alpha_{Gi}}$	상대적인 열전달 계수
	$\bar{q}_{ki} = \frac{q_{ki}}{X_{Gi}(T_{Gi} - T_k)}$	고온부로부터 상대적인 대류 열유동

으로 표시된다. 어떤 경우에 θ_{ei} 와 상대적 단위 냉각 면적당 냉각 유동 $(\rho W)_{wi}/(\rho W)_{Gi}$ 의 관계는 다음과 같이 표시된다.

$$\frac{1}{A} \left(\frac{N}{m} - m \right) \frac{(\rho W)_{wi}}{(\rho W)_{Gi}} = 0.45(1 + N_i - 2m_i)(1 - \theta_{Gi}) - (m_i - N_i)^2 \sum_{k=0}^{\infty} (1 - N_i)^k (1 - \theta_{ei})^{k+2} B_k$$

여기에서 $A_i = 0.22 \left(\frac{1 - m_i}{1 + m_i} \right)$ at $3 < m_i$ or $m_i < 0.33$

$A_i = 0.11$ at $A_i = 3 < m_i < 0.33$

$$B_k = \frac{2 \times 3^{2(k+2)} \times [2(k+2)]}{\prod_{r=0}^{2(k+2)} (2+3r)}$$

$$N_i = \frac{T_{si}}{T_{Gi}}, \quad m_i = \frac{W_i}{W_{Gi}}$$

일반적인 경우에 m_i 값이 다음 범위내에서 변화한다.

$$\phi = \frac{W_{ho_{max}}}{W_{ri}}$$

그러나 일반적인 구조에서 냉각공기량 m_i 는 다음의 범위 이내가 된다.

$$0.2 \frac{W_{ho}}{W_{ri}} < m_i < \frac{W_{ho}}{W_{Gi}}$$

단면 i에서 상대적 냉각 공기 유동은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{G_{coi}}{G_{FT}} &= 4 \frac{\alpha_{m_i}}{\alpha_k} \left[\frac{(\rho W)_W}{(\rho W)_G} \right] \frac{\Delta X}{2H} \\ &= 2 \frac{L}{H} \frac{\alpha_{m_i}}{\alpha_k} \left[\frac{(\rho W)_W}{(\rho W)_G} \right] \frac{\Delta X}{L} \end{aligned}$$

θ_w 의 계산에서는 고수명(life)에서 1200 K, 500 시간 수명(life)에서는 온도 1350 K로 가정한 것이다.

$$h_{si} = \frac{G_{ox}}{(D_{ex} + D_{in}) \left(\frac{m_i}{N_i} \right) W_{Gi}}$$

부분적인 평균 공기 과잉비(α_M)가 1.5이하일때 라이너벽 근처의 가스 온도는 다음과 같이 표시된다.

$$T_{Gi}^* - T_k^* = 2175 + 0.34T_k^*$$

$\alpha_M > 3$ 일 경우에는

$$(T_{Gi}^* - T_k^*)\alpha_{M \geq 3} = 1.3(T_{Gi}^* - T_k^*)$$

$1.5 < \alpha_M < 3$ 에서는 $T_{Gi}^* - T_k^*$ 는 직선적으로 변화한다.

라이너 안으로 공기의 흡기 이전에 냉각 시스템에서 상대적 공기 예열은 다음 식으로부터 계산된다.

$$\frac{\Delta T^*}{T_{Gi}^* - T_k^*} = 0.1 \times \theta_{wi}$$

상대적 열전달 계수를 고려한 조건 하에서는 다음 식과 같이 표현된다.

$$\bar{\alpha}_{ei} = \frac{[m_i + (1 - m_i)\theta_{ei}]^{0.8}}{[N_i + (1 - N_i)\theta_{ei}]^{0.4}}$$

냉각 공기 유입 장치가 없을 때 상대적 열유동은 다음과 같이 표현된다.

$$\bar{q}_k = \frac{\alpha_{kki}}{\alpha_{Gi}} \theta_{wi} \frac{[q_{LG_i} - q_{LW_i}]}{[\alpha_{kki}(T_{Gi}^* - T_k^*)]}$$

한편, $\theta_{ei} = \theta_{wi}$ 을 가정하면 다음과 같은 관계를 나타낼 수 있다. 복사 열 유동에서 차이는 다음과 같이 표현된다.

$$q_{LG_i} - q_{LW_i} = 0.9q - 5.76(0.72A_{NW} + \varepsilon_{WK}) \left(\frac{T_{W_i}}{100} \right) + 5.76\varepsilon_{WK} \left(\frac{T_K^*}{100} \right)^4$$

$$q_{LG_i} - q_{LW_i} = 0.9q - 5.76(0.9\bar{\varepsilon} + 0.7) \left(\frac{T_{W_i}}{100} \right)^4 + 4 \left(\frac{T_K + T}{100} \right)^4$$

$1 < \alpha_{Mi} < 2$ 범위에서는 다음과 같이 값을 구한다.

$$q_{Li} = q_{Li_{\max}} = 5.76 \left(\frac{T_G}{100} \right)^4 ; T_G = 1250 + T_K$$

$$\bar{\varepsilon} = 0.24 \left(\frac{P_K^*}{500} \right)^{0.8}$$

$\alpha_{Mi} > 2$ 에서는

$$q_{Li} = q_{Li_{\max}} e^{-0.25}$$

$\alpha_{Mi} < 1$ 범위에서는

$$q_{Li} = q_{Li_{\max}} \times \alpha_{Mi}$$

4. 연소기 case 외벽 두께의 계산

연소기 case의 강도를 모사하는데 주요한 부하는 압력이며, 이것은 원주 방향의 인장 응력에 의해 발생한다.

$$\sigma_1 = \frac{qR}{h}$$

축방향 힘에 의해 발생하는 인장 응력은

$$\sigma_2 = \frac{F}{2\pi R h}$$

토크에 의해 발생하는 접선 방향 응력은

$$\tau = \frac{M}{2\pi R^2 h}$$

로 표시된다.

여기서 q 는 내부 압력, h 는 case의 두께, F 는 인장 응력, M 은 토크, P 는 전단력, M 은 굽힘 모멘트이다. 이러한 응력 관계를 고려하여 연소기 case의 두께가 정해진다.

제 4 장 SAPRREV의 사용법

제 1 절 입력 데이터를 위한 변수

- HK : 디퓨저 입구의 높이
- HT : 연소기 출구의 높이 (터빈 노즐 입구의 높이)
- DK : 연소기 입구의 평균 직경
- DT : 연소기 출구의 평균 직경
- LAMK : 이륙시 입구 단면에 속도 계수
- LDHK : 디퓨저 길이/디퓨저 입구의 높이
- DHK : $\Delta L / HK$ ($\Delta L = DEL \times HK$, $DHK = DEL$)
- LVH : 라이너의 길이/높이
- KV : 고공 점화 조건에서 air loading factor
- FOK : hole의 총면적/ 연소기 입구 단면적 (F_0/F_k)
- FKK : hole의 총면적/ 연소기 annular channel의 총면적
- FHB : 연소기 external annular channel의 면적/ 연소기 internal annular channel의 면적
- DEL : $= DHK$
- PP1 : 예혼합실 입구부의 길이/ 스윌러 직경
- PP2 : 스윌러 직경/ 입구부의 높이
- BH, BB, KH, KB : 라이너 곡선을 표시하는 변수
- FP : frontal device의 한쪽부분에 대한 연소기 축방향과의 각도 (rad.)
- GOT : 터빈냉각공기의 질량 / 연소기 입구에서 공기량, G_{CT} / G_0
- GOHO : 외부 channel의 터빈 냉각 공기량 / 터빈냉각에 쓰이는 전체 공기량
- GOG : secondary hole 뒷 부분에서 냉각에 사용되는 공기량 / 입구 공

기량

- TKO, TGO : 터빈노즐의 입계형상에서 공기의 전온도, 가스의 전온도
- PIK : 압축비
- MO : 바이패스비
- PA : 고공 점화 조건에서 입구단면에서 압력, 온도
- PK, TK, LAMK, ALFK : 연소효율을 계산할때 쓰이는 값
- SHH, SHB : 내부, 외부 라이너의 두께
- TD : 터보제트의 등급 (1-군용:1,000 Hr, 2-민간용:10,000 Hr)
- KG : 라이너의 등급 (1-propfan: 현재S/W내에 사용, 2-turbojet)
- KR : hole분배 종류, primary zone과 secondary zone에서 hole수
1-(1×1), 2-(2×1), 3-(1×2), 4-(2×2)
- KS : cooling system의 종류, 대개 4 번을 사용
- KF : frontal device의 종류, 1-CF6, 2-PS90, 3-스웰러+단순벽
- KTH, KTB : 연소기와 터빈의 연결 3종류, 2번을 주로 사용
- KKP : 연소기 case의 종류, 한가지만 사용(1)
- TWD : 라이너 재료의 허용온도(K)
- KMK, KMG : 연소기 case와 라이너의 재료의 종류
case(2: BX-4A), 라이너(1: BG-98)
- ALO : 냉각계 단면의 길이 (m)
- FIF : frontal device 의 면적/ 연소기전체의 입구면적, (F_F / F_0),
- DCH : dc/HK
- IFR : 인젝터의 수, IFR=0의 경우 자체 계산
- TKO, PKO, LAMO, ALFO : 이륙시의 값
- T3, P3, LAM3, ALF3 : $P_{K \max}$ 에서의 값
- T4, P4, LAM4, ALF4 : $T_{K \max}$ 에서의 값

KSC : 곡선의 근사 방법, 1 - parabolic, 2 - 5차 곡선
LABH, TBH, PBH : 엔진밖의 공기의 조건

제 2 절 출력 테이블에 표시되는 변수

KNPT : pattern factor
KPS : 연소효율
KP : 압력손실계수
TX : 라이너에서 체류시간
GK : 연소기의 무게
FOFG : F_{hole}/F_{FT}
NH : 라이너 외벽의 단면의 수
NB : 라이너 외벽의 단면의 수
I2 : injector의 수
I01 : primary zone의 수
I02 : secondary zone의 수
HH : 라이너외벽의 두께
HB : 라이너내벽의 두께
HSH : 라이너외벽 slit의 두께
HSB : 라이너내벽 slit의 두께
HHK : H/HK
DOH : 라이너외벽 hole의 직경
DOB : 라이너내벽 hole의 직경
AK : 외벽에서 lip의 길이(그림참고)
IOH : 외벽에서 hole의 수
IOB : 내벽에서 hole의 수

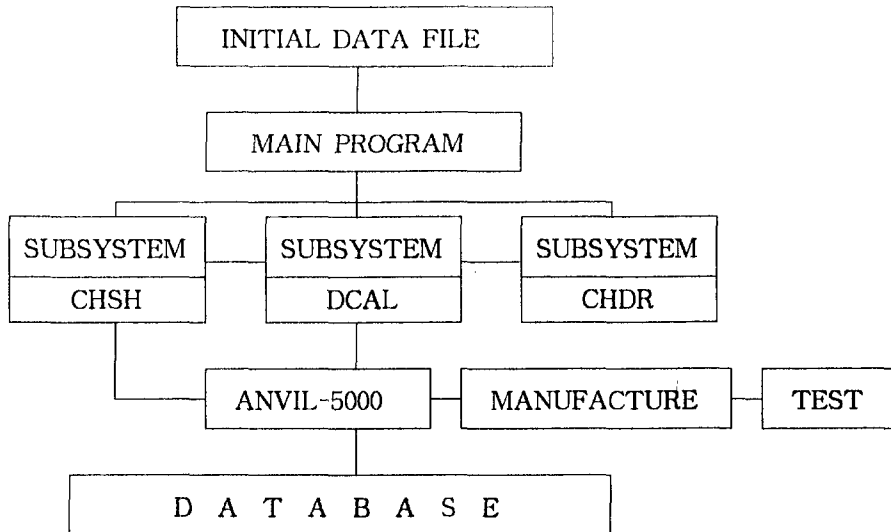
HKPH : 연소기외부 casing의 두께
HKPB : 연소기내부 casing의 두께
RIC : 연소기출구 케이스의 내경(그림 2 참조)
RV2 : 연소기출구 라이너의 내경(그림 2 참조)

제 3 절 프로그램에 사용하는 명령어

R REV : SAPRREV의 시작명령
END : SAPRREV의 종료명령
INPUT : 계산에 필요한 전 데이터의 입력
WRITE : 초기데이터 파일에 변수 입력 혹은 변경(데이터파일에 저장)
READ : 초기데이터 파일에 변수를 읽어드림
IN : 초기데이터 파일에 변수 변경
PRINT : 초기데이터 파일의 display
CHSH : CHamber SHape의 시작
DCAL : Detail chamber CALculation의 시작
CHDR : CHamber DRaft의 시작
ANVL : cad system ANVIL-5000을 부름
FOR003: 초기데이터 파일

제 4 절 SAPREVCH 작동

1. 초기 데이터의 처리



윗 그림은 프로그램의 흐름도이며 설계 과정은 다음과 같다.

사용자는 우선 Initial data file을 작성하며, Main program은 이 입력치를 가지고 사용자가 세 개의 Sub system을 제어하면서 설계를 진행한다. 먼저 Sub system "CHSH"는 연소기의 전반적인 형상 치수와 주요 연소기 성능 계산을 한다. 이 Sub system에서 계산되는 연소기 성능은 연소기 효율, Pattern factor, 압력 손실, 배기가스량 (CO, NO_x, HC)등이다.

다음으로 Sub system "DCAL"은 연소기의 유로 계산과 냉각 시스템 계산을 수행한다. 이 계산을 통해 Main hole과 Cooling hole의 위치와 크기, 개수 등을 조정하게 되며, 이 과정을 반복하여 최적치를 얻는다. 최적치를 얻은 후에는 연소기 라이너와 케이싱의 두께를 구한다.

Sub system "CHDR"은 Sub system "CHSH"와 Sub system "DCAL"에서

얻어진 계산 값들을 이용하여, 라이너와 케이싱, Frontal device (Swirler, Atomizer, Stabilizer), 그리고 이들 각각의 결합 형상등을 CAD System인 ANVIL-5000에서 그릴 수 있도록 이에 필요한 data를 계산한다.

이상의 세 가지 Sub system을 거치면서 얻어진 data는 ANVIL-5000으로 연소기를 그리는 데 이용된다. 이 data는 프로그램에 저장되어 있는 내용(예를 들면 몇가지 Frontal device의 graphical data)과 함께 이용되어 ANVIL-5000상에서 연소기의 도면을 그린다. 이 때 각 구성부(라이너, 케이싱, Frontal device 등)를 연결하는 부분에 약간의 수정작업이 필요한데, 이 수정작업은 설계자가 ANVIL-5000의 명령들을 이용하여 수행한다. 수정작업이 끝나면 도면이 완성되는데, 이 도면으로 연소기를 제작한 후, 시험을 거치면서 수정, 보완되어 최종적인 연소기가 완성되어 설계를 마치게 된다.

프로그램을 구동시킨 후 데이터 처리 및 계산을 위한 명령어를 입력시킨다. 명령어는 앞에서 나타내었지만, 두 부분으로 분류한다면 데이터의 처리 부분과 계산 부분으로 나눌 수 있다. 계산 부분에 대한 내용은 나중에 설명하기로 한다. 데이터의 처리 부분에서는 FOR003파일(SAPRCAM의 경우는 FOR020 입)이 데이터 전용의 파일로 형성되어서 기본 데이터를 저장할 수 있는 공간이 마련되어 있으며 데이터의 입, 출력을 행한다. 처음부터 데이터 하나 하나를 입력할 경우에는 INPUT 명령어를, 특정 데이터만을 입력할 경우에는 IN을 사용하여 행한다. 입력된 명령어를 데이터 파일에 저장하기 위해서는 WRITE 명령어를 사용한다. 한편, 입력된 데이터의 확인을 위해서 READ, PRINT 명령어를 이용한다. 데이터 파일 내에는 50 종류의 모델 데이터를 입력하도록 되어 있으므로 READ 명령후 1 ~ 50 중 번호를 선택하여 컴퓨터 램(RAM)상에 읽어들이는 것이다. 읽어들이는 데이터를 모니터 상으로 확인하기 위해서는 PRINT 명령어를 이용한다. 그 실 예를 다음에 나타낸다.

데이터 입력: INPUT , HK 0.026 , HT 0.054 INPUT END

데이터 수정: IN , HK , 0.020

데이터 저장: WRITE , 20

데이터 읽기: READ , IDAN , 20

입력 데이터의 확인:PRINT

2. 프로그램의 수행

연소기의 기본 형태를 계산하고 기본 공력 계산을 행하는 부분으로서 주된 목적은 연소기의 형상 치수 및 설계 목표로 된 사양 등의 변수들이 적정한 범위 이내에 만족하도록 변수를 변환시키면서 계산을 반복하여 행한다. 이 계산 과정에서는 여러 변수들이 연소기의 특성에 서로 상충되는 영향을 미치는 경우가 있으므로 경험이나 혹은 연소기 기본 개념에 충실한 값들을 선정하여 계산하는 작업이 필요하며 경우에 따라서는 많은 반복 작업을 통하여 최적치를 찾아 낼 수 있다.

표 1. 연소기 주요 변수의 적정 범위

	소 형	대 형
연소효율	≥ 0.996	≥ 0.998
압력손실계수	$\leq 3.5 \sim 4$	$\leq 5 \sim 6$
Pattern factor	≤ 1.25	≤ 1.3

이 작업은 CHSH 명령어로 작업을 수행시키며, 그 결과를 그림 4에 나타냈다. 표시된 기호들의 설명은 그림2에서 나타낸 형상 치수와 변수 설명에서 나타낸 연소기의 주요 특성이다. 각 값에 대한 적정 범위는 다음과 같다. 보다 상세한 것은 표 1에서 표시한다.

KV0.	0.0035	DEL	0.4	LDHK	0.05
LVH	2.00	LAMK	0.100	FOK	0.700
HHK	6.872	H	0.0412	LV	0.082
LK	0.152	DH	0.371	RV2	0.024
KNPT	1.16	KPS	0.999	KP	2.43
TX	0.0197	GK	14.88	FOFG	0.118

그림 4. SAPRREV에서 기본변수계산(CHSH) 결과표

연소효율 ≥ 0.996

압력 손실 계수 ≤ 0.3

pattern factor ≤ 1.2

한편, 상세 계산에서는 다음과 같은 값들이 구해진다.

- 냉각 시스템에서 각 단면의 시작과 끝
- 라이너의 길이 방향의 hole 면적의 배분
- 냉각 시스템의 수와 면적
- injector 수, primary, dilution 영역에서 hole 의 수 및 크기
- 라이너 및 연소기 case의 두께
- 압력 손실 계수의 계산

전술한 내용의 상세 계산으로 각 단면에서의 hole의 개수 및 면적, 냉각 시스템의 길이를 구해낸다. 결과를 그림 5와 같이 나타낸다. 여기서 N은 연소기 라이너 단면의 번호를 의미한다.

DOH는 라이너 외벽에서 해당되는 단면에서의 직경, DOB는 라이너 내벽에서의 직경, AK는 외벽에서 lip의 길이를 나타낸다. 이와 같은 치수를 참고하여 라이너에서 hole의 위치, 크기, 개수를 도면에 삽입시킬 수 있다.

상기의 과정이 수행된 후에 연소기 형상이 IGES형태의 도면 파일로 생성된다. 이 도면을 CAD 작업이 가능한 CAD 시스템을 이용하여 도면으로 만들어 낼 수 있다. 그 결과를 그림 6에 나타낸다.

N	HH	HB	HSB	HSB	DOH	DOB	AK	10H	10B
1	0.0009	0.0013	0.0033	0.0033	0.0016	0.0015	0.0115	667	552
2	0.0009	0.0013	0.000	0.000	0.0139	0.0095	0.000	46	46
3	0.0009	0.0013	0.0033	0.0033	0.0016	0.0015	0.0114	667	552
4	0.0009	0.0013	0.000	0.000	0.0142	0.0091	0.000	46	46
5	0.0009	0.0013	0.032	0.032	0.0016	0.0015	0.0113	667	552
6	0.0009	0.0013	0.000	0.000	0.0193	0.0193	0.000	23	23
7	0.0009	0.0013	0.032	0.032	0.0016	0.0015	0.0111	667	552
-8	0.0009	0.0013	0.031	0.031	0.0016	0.0015	0.0110	667	552
9	0.0009	0.0013	0.031	0.031	0.0016	0.0015	0.0109	667	552
10	0.0009	0.0013	0.031	0.031	0.0016	0.0015	0.0107	667	552
11	0.0009	0.0013	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0
12	0.0009	0.0013	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.010	667	552

그림 5. SAPREV에서 상세계산(DCAL) 결과표

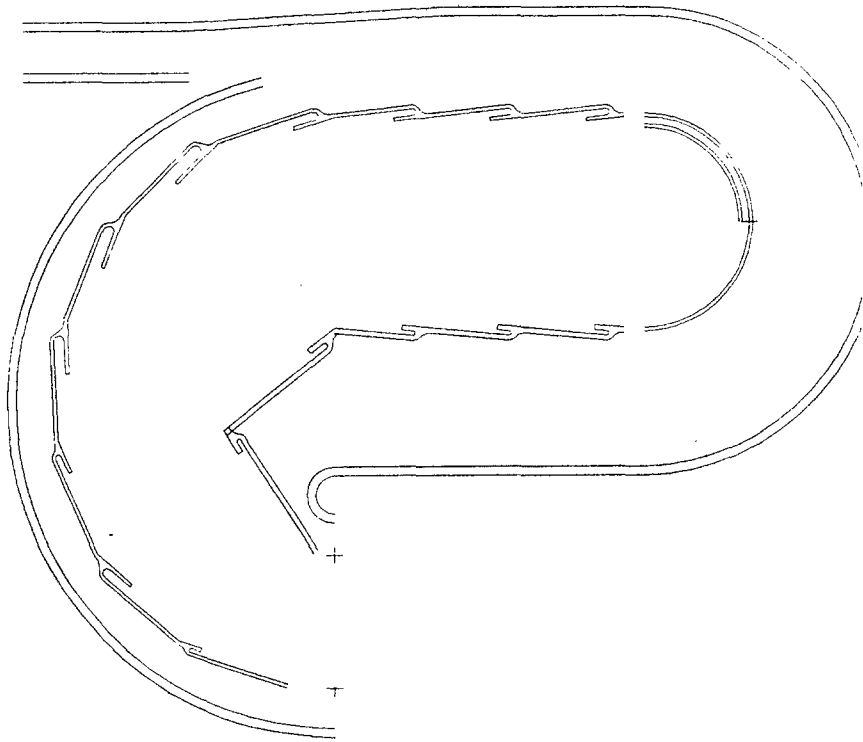


그림 6. 설계된 역류형 환형연소기

제 5 절 연소기의 도면화 과정

상세 계산 결과를 이용하여 도면화를 위한 다음과 같은 부분의 형상을 결정하는 작업이 행해진다.

- 연소기 라이너 외벽의 형상과 위치
- 연소기 라이너 내벽의 형상과 위치
- 연소기 외부case의 형상
- 연소기 외부case의 형상
- frontal device의 형상

상기의 결과들이 수행된 후에는 IGES 형태의 파일로 연소기 형태가 도면화되어 저장할 수 있다. 이 파일은 CAD 작업이 가능한 CAD 시스템을 이용하여 도면으로 만들어 낼수 있다. 한편, 기 작성된 컴퓨터 출력 도면에서는 hole의 배치가 표현되지 않으므로, 생성된 도면 및 기 작성된 상세 계산 결과(그림 5)를 이용하여 hole의 크기, 위치 개수를 그려 넣는다. 이 결과 연소기 라이너 및 케이싱의 도면이 그려지고, 연소기의 frontal 부분을 별도로 추가시켜야 한다.

Frontal 부분은 별도로 설계된 도면 파일의 예를 그림 7에 나타낸다. 러시아에서는 Frontal부분의 형상이 10 여종 개발되어 있으며 실질적으로 사용되고 있는 종류는 5 종류 정도이다. Frontal 부분에서는 사용될 스왈러 및 인젝터의 크기가 정해져 있으므로 이 크기에 맞추어 별도로 설계하여야 한다.

도면화를 위한 데이터의 작업이 끝나면 연소기의 형상은 그래픽 파일의 한 형태인 IGES형태로 파일 이름을 지정하면 저장된다. 저장된 IGES파일은 CAD 시스템을 이용하여 display가 가능하고 프린터 혹은 플로터로 그림을 그려 내게 된다. 이 작업은 설계를 수행하는 프로그램 중에서 CAD 시스템을 불러서 필요한 작업을 행할 수 있고, 한편으로는 설계 수행 프로그램을 종료시킨 후

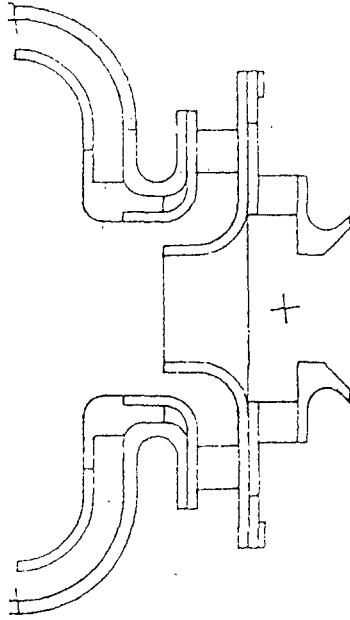


그림 7 별도로 설계된 연소기 Frontal부분의 도면 예

CAD 환경 하에서 작업을 지속할 수 있다. 한편 이 과정에서는 연소기의 Frontal device 부분은 한가지 형태의 것이 소개되고 있으나 설계 사양에 따라서 Frontal device, 노즐, 스왈러 부분에 대해서는 별도의 형태를 도면에 삽입시킬 경우에는 이 부분에 대한 별도의 설계 혹은 기 설계된 것을 사용할 수 있다.

전술한 라이너 및 Frontal 부분은 각각 별개의 CAD 파일로 저장되어 있으므로 두가지를 합쳐서 라이너 및 Frontal 부분이 조합된 그림을 생성시킬 수 있다. 이 그림을 그림 8에 나타낸다. 이로서 본 프로그램으로 작업할 수 있는 연소기의 도면이 완성된다. 이 그림은 연소기의 기본 형상을 설계하였으므로, 라이너의 hole의 분배, hole의 직경, 개수 등을 도면상에 표시하여야 한다. 이는 계산 결과로 표시되는 테이블에 숫자로 나타냄으로서, 도면 작업자가 이 숫자를 참고하여 hole의 배치를 도면으로 나타낼 수 있다. 한편, 과정에서는 연소기의 frontal 부분의 frontal device, 노즐, 스왈러 부분에 대해서는 별도의 설계를 통하여 형상이 확정되면 도면에 삽입시켜서 전체적인 도면을 완성시킨다.

이로서 전체적인 연소기의 케이싱, hole의 분배를 포함하는 라이너, 내, 외측 라이너를 연결하는 부분, 노즐, 스왈러의 도면이 완성되어 연소기 전체를 구성하게 된다. 이러한 도면은 제작성을 검토하여 도면이 보완 혹은 일부 수정되어야 할 것이다.

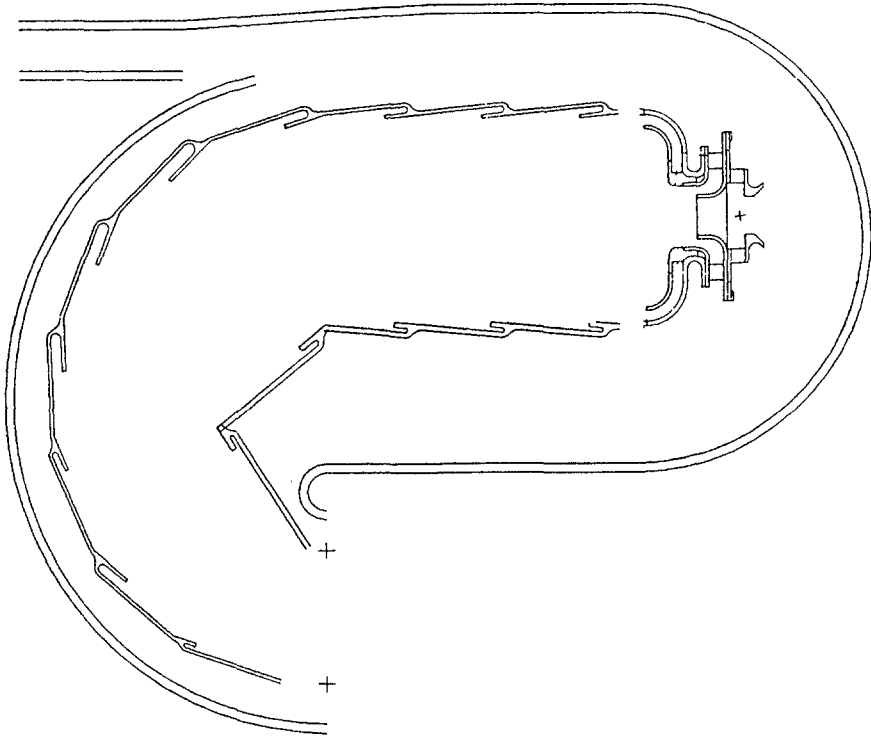


그림 8 Frontal부분이 포함된 역류형 환형 연소기

여 백

제 5 장 결론

가스터어빈 중에서도 연소기 설계에 있어서는 특히 많은 전문 분야의 지식과 경험이 필요한 것은 주지의 사실이다. 유동, 연소, 열전달, 재료 및 구조 등의 많은 분야의 경험이 축적되어야 설계에 응용할 수 있는 것이다.

SAPREVCH는 가스터어빈의 역류형 환형 연소기를 설계하는데 사용되는 것으로서 프로그램의 내부에 도입되어 있는 연소기 설계에 필요로 하는 기초적인 설계 방법을 알 수 있었다. 이 프로그램을 운용하면서 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 프로그램을 운용하여, 축류 터어빈과 함께 사용될 수 있는 역류형 환형 연소기의 설계를 행하여, 냉각 시스템을 포함하는 라이너 및 연소기를 설계하였다. 라이너에서 hole의 배치 및 크기는 계산 결과로 출력되는 표를 이용하여 별도 작업을 행하면 가능하다.

2) 연소기 앞부분에 필요한 Frontal device, Swirler, Injector는 이 작업과는 별도로 설계하여 접속시키는 작업이 필요하다.

3) 보다 최적의 연소기를 설계하기 위해서는 계산에 사용되는 최적의 변수를 선정하여야하며, 이것은 보다 많은 설계의 경험 및 훈련이 필요하다.

4) 프로그램의 내부에 사용된 경험들을 지속적으로 연구하면 연소기 설계 기술 습득에 많은 시간을 절약할 수 있고, 재정적 뒷받침을 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

부 록 1 : 계산 결과 출력

```

$ R REV
->
READ
WHERE FROM (IDAN, REZ)
IDAN
N VARIANT NVAR=
30
8.0000004E-03  2.5000000E-02  0.3650000    0.1500000    3.5000001E-03
4.500000      0.0000000E+00  2.5000000E-02  225.0000    450.0000
0.4500000    0.1000000    4.000000    450.0000    1100.000
0.4500000    0.1000000    4.000000    2.9999999E-02  0.2500000
1.500000    0.6300000    0.5000000    2.500000    1.500000
0.3000000    2.000000    5.0000001E-02  5.0000001E-02  0.5000000
0.5000000    0.9000000    2.0000000E-02  5.0000001E-02  4.9999999E-03
4.9999999E-03  1.000000    1.000000    1.000000    4.000000
2.000000    2.000000    0.5000000    1.000000    2.000000
1.000000    1.000000    2.0000000E-02  5.0000001E-02  0.0000000E+00
0.0000000E+00  0.0000000E+00  1173.000    450.0000    0.4500000
0.1000000    4.000000    450.0000    0.4500000    0.1000000
4.000000    0.1000000    300.0000    0.1000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    9.9999997E-05  1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
1.000000    1.000000    1.000000    1.000000    1.000000
->
PRINT
HK =0.800E-02
HT =0.250E-01
DK =0.365E+00
DT =0.150E+00
KV =0.350E-02
PIK =0.450E+01
MO =0.000E+00
PA =0.250E-01
TA =0.225E+03
TK =0.450E+03
PK =0.450E+00

```

LAMK=0. 100E+00
ALFK=0. 400E+01
TKO =0. 450E+03
TGO =0. 110E+04
PKO =0. 450E+00
LAMO=0. 100E+00
ALFO=0. 400E+01
LDHK=0. 300E-01
DHK =0. 250E+00
LVH =0. 150E+01
FOK =0. 630E+00
FKK =0. 500E+00
FHB =0. 250E+01
DEL =0. 150E+01
PP1 =0. 300E+00
PP2 =0. 200E+01
BH =0. 500E-01
BB =0. 500E-01
KH =0. 500E+00
KB =0. 500E+00
FP =0. 900E+00
GOT =0. 200E-01
GOG =0. 500E-01
SHH =0. 500E-02
SHB =0. 500E-02
TD =0. 100E+01
KG =0. 100E+01
KR =0. 100E+01
KS =0. 400E+01
KTH =0. 200E+01
KTB =0. 200E+01
GOHO=0. 500E+00
KKP =0. 100E+01
KMK =0. 200E+01
KMG =0. 100E+01
KF =0. 100E+01
ALO =0. 200E-01
FIF =0. 500E-01
IFR =0. 000E+00
TF =0. 000E+00
DCH =0. 000E+00
TWD =0. 117E+04
T3 =0. 450E+03
P3 =0. 450E+00
LAM3=0. 100E+00
ALF3=0. 400E+01
T4 =0. 450E+03
P4 =0. 450E+00
LAM4=0. 100E+00
ALF4=0. 400E+01
LABH=0. 100E+00
TBH =0. 300E+03
PBH =0. 100E+00
KSC =0. 100E+01
ASH4=0. 100E+01
ASH5=0. 100E+01
XOH =0. 100E+01
YOH =0. 100E+01
DDH =0. 100E+01
ASB1=0. 100E+01
ASB2=0. 100E+01

ASB3=0. 100E+01
ASB4=0. 100E+01
ASB5=0. 100E+01
XOB =0. 100E+01
YOB =0. 100E+01
DDB =0. 100E+01
CSH1=0. 100E+01
CSH2=0. 100E+01
CSH3=0. 100E+01
CSH4=0. 100E+01
CSH5=0. 100E+01
XOH1=0. 100E+01
YOH1=0. 100E+01
DDH1=0. 100E+01
CSB1=0. 100E+01
CSB2=0. 100E+01
CSB3=0. 100E+01
CSB4=0. 100E+01
CSB5=0. 100E+01
XOB1=0. 100E+01
YOB1=0. 100E+01
DDB1=0. 100E+01
BSH1=0. 100E+01
BSH2=0. 100E+01
BSH3=0. 100E+01
BSH4=0. 100E+01
BSH5=0. 100E+01
XOH2=0. 100E+01
YOH2=0. 100E+01
DDH2=0. 100E+01
BSB1=0. 100E+01
BSB2=0. 100E+01
BSB3=0. 100E+01
BSB4=0. 100E+01
BSB5=0. 100E+01
XOB2=0. 100E+01
YOB2=0. 100E+01
DDB2=0. 100E+01
XOH3=0. 100E+01
YOH3=0. 100E+01
XOB3=0. 100E+01
YOB3=0. 100E+01
AR5 =0. 100E+01
AR6 =0. 100E+01
AR7 =0. 100E+01
AR8 =0. 100E+01
AR9 =0. 100E+01
AR10=0. 100E+01
AR11=0. 100E+01
AR12=0. 100E-03
AR13=0. 100E+01
AR14=0. 100E+01
AR15=0. 100E+01
AR16=0. 100E+01
AR17=0. 100E+01
AR18=0. 100E+01
AR19=0. 100E+01
AR20=0. 100E+01
AR21=0. 100E+01
AR22=0. 100E+01
AR23=0. 100E+01

AR24=0. 100E+01
 AR25=0. 100E+01
 AR26=0. 100E+01
 AR27=0. 100E+01
 AR28=0. 100E+01
 AR29=0. 100E+01
 AR30=0. 100E+01
 AR31=0. 100E+01
 AR32=0. 100E+01
 AR33=0. 100E+01
 AR34=0. 100E+01
 AR35=0. 100E+01
 AR36=0. 100E+01
 AR37=0. 100E+01
 AR38=0. 100E+01
 AR39=0. 100E+01
 AR40=0. 100E+01
 AR41=0. 100E+01
 AR42=0. 100E+01
 AR43=0. 100E+01
 AR44=0. 100E+01
 AR45=0. 100E+01
 AR46=0. 100E+01
 AR47=0. 100E+01
 AR48=0. 100E+01
 AR49=0. 100E+01
 AR50=0. 100E+01

-->

-->

READ

WHERE FROM (IDAN, REZ)

IDAN

N VARIANT NVAR=

20

8. 0000004E-03	2. 5000000E-02	0. 3650000	0. 1500000	3. 5000001E-03
11. 30000	0. 0000000E+00	5. 9999999E-02	225. 0000	350. 0000
0. 1000000	0. 1000000	4. 000000	680. 0000	1100. 000
1. 130000	0. 1000000	4. 000000	2. 9999999E-02	0. 2500000
2. 000000	0. 5700000	0. 3000000	2. 500000	0. 0000000E+00
0. 3000000	2. 000000	5. 0000001E-02	5. 0000001E-02	0. 5000000
0. 5000000	0. 9000000	0. 1000000	0. 1000000	4. 9999999E-03
4. 9999999E-03	1. 000000	1. 000000	1. 000000	4. 000000
2. 000000	2. 000000	0. 5000000	1. 000000	2. 000000
1. 000000	1. 000000	2. 0000000E-02	0. 1500000	0. 0000000E+00
0. 0000000E+00	0. 0000000E+00	1173. 000	630. 0000	1. 130000
0. 1000000	4. 000000	630. 0000	1. 050000	0. 1000000
4. 000000	0. 1000000	300. 0000	0. 1000000	1. 000000
1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000
1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000
1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000
1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000
1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000
1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000
1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000
1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000
1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000
1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000
1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000
1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000	1. 000000

1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
1.000000	9.9999997E-05	1.000000	1.000000	1.000000
1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000
1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000

-->

PRINT

HK =-0.800E-02
 HT =-0.250E-01
 DK =-0.365E+00
 DT =-0.150E+00
 KV =-0.350E-02
 PIK =-0.113E+02
 MO =-0.000E+00
 PA =-0.600E-01
 TA =-0.225E+03
 TK =-0.350E+03
 PK =-0.100E+00
 LAMK=-0.100E+00
 ALFK=-0.400E+01
 TKO =-0.680E+03
 TGO =-0.110E+04
 PKO =-0.113E+01
 LAMO=-0.100E+00
 ALFO=-0.400E+01
 LDHK=-0.300E-01
 DHK =-0.250E+00
 LVH =-0.200E+01
 FOK =-0.570E+00
 FKK =-0.300E+00
 FHB =-0.250E+01
 DEL =-0.000E+00
 PP1 =-0.300E+00
 PP2 =-0.200E+01
 BH =-0.500E-01
 BB =-0.500E-01
 KH =-0.500E+00
 KB =-0.500E+00
 FP =-0.900E+00
 GOT =-0.100E+00
 GOG =-0.100E+00
 SHH =-0.500E-02
 SHB =-0.500E-02
 TD =-0.100E+01
 KG =-0.100E+01
 KR =-0.100E+01
 KS =-0.400E+01
 KTH =-0.200E+01
 KTB =-0.200E+01
 GOHO=-0.500E+00
 KKP =-0.100E+01
 KMK =-0.200E+01
 KMG =-0.100E+01
 KP =-0.100E+01
 ALO =-0.200E-01

F1F =0.150E+00
IFR =0.000E+00
TF =0.000E+00
DCH =0.000E+00
TWD =0.117E+04
T3 =0.630E+03
P3 =0.113E+01
LAM3=0.100E+00
ALF3=0.400E+01
T4 =0.630E+03
P4 =0.105E+01
LAM4=0.100E+00
ALF4=0.400E+01
LABH=0.100E+00
TBH =0.300E+03
PBH =0.100E+00
KSC =0.100E+01
ASH4=0.100E+01
ASH5=0.100E+01
XOH =0.100E+01
YOH =0.100E+01
DDH =0.100E+01
ASB1=0.100E+01
ASB2=0.100E+01
ASB3=0.100E+01
ASB4=0.100E+01
ASB5=0.100E+01
XOB =0.100E+01
YOB =0.100E+01
DDB =0.100E+01
CSH1=0.100E+01
CSH2=0.100E+01
CSH3=0.100E+01
CSH4=0.100E+01
CSH5=0.100E+01
XOH1=0.100E+01
YOH1=0.100E+01
DDH1=0.100E+01
CSB1=0.100E+01
CSB2=0.100E+01
CSB3=0.100E+01
CSB4=0.100E+01
CSB5=0.100E+01
XOB1=0.100E+01
YOB1=0.100E+01
DDB1=0.100E+01
BSH1=0.100E+01
BSH2=0.100E+01
BSH3=0.100E+01
BSH4=0.100E+01
BSH5=0.100E+01
XOH2=0.100E+01
YOH2=0.100E+01
DDH2=0.100E+01
BSB1=0.100E+01
BSB2=0.100E+01
BSB3=0.100E+01
BSB4=0.100E+01
BSB5=0.100E+01
XOB2=0.100E+01
YOB2=0.100E+01

DDB2=0.100E+01
XOH3=0.100E+01
YOH3=0.100E+01
XOB3=0.100E+01
YOB3=0.100E+01
AR5 =0.100E+01
AR6 =0.100E+01
AR7 =0.100E+01
AR8 =0.100E+01
AR9 =0.100E+01
AR10=0.100E+01
AR11=0.100E+01
AR12=0.100E-03
AR13=0.100E+01
AR14=0.100E+01
AR15=0.100E+01
AR16=0.100E+01
AR17=0.100E+01
AR18=0.100E+01
AR19=0.100E+01
AR20=0.100E+01
AR21=0.100E+01
AR22=0.100E+01
AR23=0.100E+01
AR24=0.100E+01
AR25=0.100E+01
AR26=0.100E+01
AR27=0.100E+01
AR28=0.100E+01
AR29=0.100E+01
AR30=0.100E+01
AR31=0.100E+01
AR32=0.100E+01
AR33=0.100E+01
AR34=0.100E+01
AR35=0.100E+01
AR36=0.100E+01
AR37=0.100E+01
AR38=0.100E+01
AR39=0.100E+01
AR40=0.100E+01
AR41=0.100E+01
AR42=0.100E+01
AR43=0.100E+01
AR44=0.100E+01
AR45=0.100E+01
AR46=0.100E+01
AR47=0.100E+01
AR48=0.100E+01
AR49=0.100E+01
AR50=0.100E+01

->

->
READ
WHERE FROM (IDAN, REZ)
IDAN
N VARIANT NVAR=

DEL =0.150E+01
PP1 =0.300E+00
PP2 =0.200E+01
BH =-0.500E-01
BB =-0.500E-01
KH =-0.500E+00
KB =-0.500E+00
FP =-0.900E+00
GOT =-0.200E-01
GOG =0.500E-01
SHH =0.500E-02
SHB =0.500E-02
TD =-0.100E+01
KG =-0.100E+01
KR =-0.100E+01
KS =0.400E+01
KTH =0.200E+01
KTB =0.200E+01
GOHO=0.500E+00
KKP =0.100E+01
KMK =0.200E+01
KMG =-0.100E+01
KF =0.100E+01
ALO =0.200E-01
FIF =0.500E-01
IFR =0.000E+00
TF =0.000E+00
DCH =0.000E+00
TWD =0.117E+04
T3 =-0.450E+03
P3 =-0.450E+00
LAM3=0.100E+00
ALF3=0.400E+01
T4 =-0.450E+03
P4 =-0.450E+00
LAM4=0.100E+00
ALF4=0.400E+01
LABH=0.100E+00
TBH =-0.300E+03
PBH =-0.100E+00
KSC =-0.100E+01
ASH4=0.100E+01
ASH5=0.100E+01
XOH =-0.100E+01
YOH =0.100E+01
DDH =0.100E+01
ASB1=0.100E+01
ASB2=0.100E+01
ASB3=0.100E+01
ASB4=0.100E+01
ASB5=0.100E+01
XOB =-0.100E+01
YOB =-0.100E+01
DDB =-0.100E+01
CSH1=0.100E+01
CSH2=0.100E+01
CSH3=0.100E+01
CSH4=0.100E+01
CSH5=0.100E+01
XOH1=0.100E+01
YOH1=0.100E+01

DDH1=0. 100E+01
CSB1=0. 100E+01
CSB2=0. 100E+01
CSB3=0. 100E+01
CSB4=0. 100E+01
CSB5=0. 100E+01
XOB1=0. 100E+01
YOB1=0. 100E+01
DDB1=0. 100E+01
BSH1=0. 100E+01
BSH2=0. 100E+01
BSH3=0. 100E+01
BSH4=0. 100E+01
BSH5=0. 100E+01
XOH2=0. 100E+01
YOH2=0. 100E+01
DDH2=0. 100E+01
BSB1=0. 100E+01
BSB2=0. 100E+01
BSB3=0. 100E+01
BSB4=0. 100E+01
BSB5=0. 100E+01
XOB2=0. 100E+01
YOB2=0. 100E+01
DDB2=0. 100E+01
XOH3=0. 100E+01
YOH3=0. 100E+01
XOB3=0. 100E+01
YOB3=0. 100E+01
AR5 =0. 100E+01
AR6 =0. 100E+01
AR7 =0. 100E+01
AR8 =0. 100E+01
AR9 =0. 100E+01
AR10=0. 100E+01
AR11=0. 100E+01
AR12=0. 100E-03
AR13=0. 100E+01
AR14=0. 100E+01
AR15=0. 100E+01
AR16=0. 100E+01
AR17=0. 100E+01
AR18=0. 100E+01
AR19=0. 100E+01
AR20=0. 100E+01
AR21=0. 100E+01
AR22=0. 100E+01
AR23=0. 100E+01
AR24=0. 100E+01
AR25=0. 100E+01
AR26=0. 100E+01
AR27=0. 100E+01
AR28=0. 100E+01
AR29=0. 100E+01
AR30=0. 100E+01
AR31=0. 100E+01
AR32=0. 100E+01
AR33=0. 100E+01
AR34=0. 100E+01
AR35=0. 100E+01
AR36=0. 100E+01

AR37=0. 100E+01
 AR38=0. 100E+01
 AR39=0. 100E+01
 AR40=0. 100E+01
 AR41=0. 100E+01
 AR42=0. 100E+01
 AR43=0. 100E+01
 AR44=0. 100E+01
 AR45=0. 100E+01
 AR46=0. 100E+01
 AR47=0. 100E+01
 AR48=0. 100E+01
 AR49=0. 100E+01
 AR50=0. 100E+01

->

->

```

READSREAD
WHERE FROM (IDAN, REZ)
IDNIDAN
N VARIANT NVAR=
20
8. 0000004E-03 2. 5000000E-02 0. 3650000 0. 1500000 3. 5000001E-03
11. 30000 0. 0000000E+00 5. 9999999E-02 225. 0000 350. 0000
0. 1000000 0. 1000000 4. 000000 680. 0000 1100. 000
1. 130000 0. 1000000 4. 000000 2. 9999999E-02 0. 2500000
2. 000000 0. 5700000 0. 3000000 2. 500000 0. 0000000E+00
0. 3000000 2. 000000 5. 0000001E-02 5. 0000001E-02 0. 5000000
0. 5000000 0. 9000000 0. 1000000 0. 1000000 4. 9999999E-03
4. 9999999E-03 1. 000000 1. 000000 1. 000000 4. 000000
2. 000000 2. 000000 0. 5000000 1. 000000 2. 000000
1. 000000 1. 000000 2. 0000000E-02 0. 1500000 0. 0000000E+00
0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 1173. 000 630. 0000 1. 130000
0. 1000000 4. 000000 630. 0000 1. 050000 0. 1000000
4. 000000 0. 1000000 300. 0000 0. 1000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 9. 9999997E-05 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000
1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000 1. 000000

```

->

PRITPRINT

HK =-0. 800E-02
HT =-0. 250E-01
DK =-0. 365E+00
DT =-0. 150E+00
KV =-0. 350E-02
PIK =-0. 113E+02
MO =-0. 000E+00
PA =-0. 600E-01
TA =-0. 225E+03
TK =-0. 350E+03
PK =-0. 100E+00
LAMK=-0. 100E+00
ALFK=-0. 400E+01
TKO =-0. 680E+03
TGO =-0. 110E+04
PKO =-0. 113E+01
LAMO=-0. 100E+00
ALFO=-0. 400E+01
LDHK=-0. 300E-01
DHK =-0. 250E+00
LVH =-0. 200E+01
FOK =-0. 570E+00
PKK =-0. 300E+00
FHB =-0. 250E+01
DEL =-0. 000E+00
PP1 =-0. 300E+00
PP2 =-0. 200E+01
BH =-0. 500E-01
BB =-0. 500E-01
KH =-0. 500E+00
KB =-0. 500E+00
FP =-0. 900E+00
GOT =-0. 100E+00
GOG =-0. 100E+00
SHH =-0. 500E-02
SHB =-0. 500E-02
TD =-0. 100E+01
KG =-0. 100E+01
KR =-0. 100E+01
KS =-0. 400E+01
KTH =-0. 200E+01
KTB =-0. 200E+01
GOHO=-0. 500E+00
KKP =-0. 100E+01
KMK =-0. 200E+01
KMG =-0. 100E+01
KF =-0. 100E+01
ALO =-0. 200E-01
FIF =-0. 150E+00
IFR =-0. 000E+00
TF =-0. 000E+00
DCH =-0. 000E+00
TWD =-0. 117E+04
T3 =-0. 630E+03
P3 =-0. 113E+01
LAM3=-0. 100E+00
ALF3=-0. 400E+01
T4 =-0. 630E+03
P4 =-0. 105E+01
LAM4=-0. 100E+00
ALF4=-0. 400E+01

LABH=0. 100E+00
TBH =0. 300E+03
PBH =0. 100E+00
KSC =0. 100E+01
ASH4=0. 100E+01
ASH5=0. 100E+01
XOH =0. 100E+01
YOH =0. 100E+01
DDH =0. 100E+01
ASB1=0. 100E+01
ASB2=0. 100E+01
ASB3=0. 100E+01
ASB4=0. 100E+01
ASB5=0. 100E+01
XOB =0. 100E+01
YOB =0. 100E+01
DDB =0. 100E+01
CSH1=0. 100E+01
CSH2=0. 100E+01
CSH3=0. 100E+01
CSH4=0. 100E+01
CSH5=0. 100E+01
XOH1=0. 100E+01
YOH1=0. 100E+01
DDH1=0. 100E+01
CSB1=0. 100E+01
CSB2=0. 100E+01
CSB3=0. 100E+01
CSB4=0. 100E+01
CSB5=0. 100E+01
XOB1=0. 100E+01
YOB1=0. 100E+01
DDB1=0. 100E+01
BSH1=0. 100E+01
BSH2=0. 100E+01
BSH3=0. 100E+01
BSH4=0. 100E+01
BSH5=0. 100E+01
XOH2=0. 100E+01
YOH2=0. 100E+01
DDH2=0. 100E+01
BSB1=0. 100E+01
BSB2=0. 100E+01
BSB3=0. 100E+01
BSB4=0. 100E+01
BSB5=0. 100E+01
XOB2=0. 100E+01
YOB2=0. 100E+01
DDB2=0. 100E+01
XOH3=0. 100E+01
YOH3=0. 100E+01
XOB3=0. 100E+01
YOB3=0. 100E+01
AR5 =0. 100E+01
AR6 =0. 100E+01
AR7 =0. 100E+01
AR8 =0. 100E+01
AR9 =0. 100E+01
AR10=0. 100E+01
AR11=0. 100E+01
AR12=0. 100E-03

AR13=0. 100E+01
AR14=0. 100E+01
AR15=0. 100E+01
AR16=0. 100E+01
AR17=0. 100E+01
AR18=0. 100E+01
AR19=0. 100E+01
AR20=0. 100E+01
AR21=0. 100E+01
AR22=0. 100E+01
AR23=0. 100E+01
AR24=0. 100E+01
AR25=0. 100E+01
AR26=0. 100E+01
AR27=0. 100E+01
AR28=0. 100E+01
AR29=0. 100E+01
AR30=0. 100E+01
AR31=0. 100E+01
AR32=0. 100E+01
AR33=0. 100E+01
AR34=0. 100E+01
AR35=0. 100E+01
AR36=0. 100E+01
AR37=0. 100E+01
AR38=0. 100E+01
AR39=0. 100E+01
AR40=0. 100E+01
AR41=0. 100E+01
AR42=0. 100E+01
AR43=0. 100E+01
AR44=0. 100E+01
AR45=0. 100E+01
AR46=0. 100E+01
AR47=0. 100E+01
AR48=0. 100E+01
AR49=0. 100E+01
AR50=0. 100E+01

->

->

IN
NAME IDAN
DK
=
0. 42

->

IN
NAME IDAN
KR
=
4. 0

->

CHSH

```

MAIN 0.3500E-02 0.3000E-01 0.2500E+00 0.2000E+01 0.3000E+00 0.0000E+00
0.3000E+00 0.2000E+01
0.5700E+00 0.9000E+00
FK,FKH,FKB,TGK,DH,PH= 1.0555440E-02 1.4325239E-02 5.7300953E-03
1.617647 0.4280000 1.3933504E-02
DVCR1= 0.3441330 DTK1= 0.8193642
LAMO,TGO,TKO,GOT,KV,PA,TA,HK= 0.1000000 1100.000 680.0000
0.1000000 3.5000001E-03 0.6116208 225.0000 8.0000004E-03
DVCR= 0.3610165 DTK= 0.8595630
DVCR= 0.3597215 DTK= 0.8564799
DVCR= 0.3596489 DTK= 0.8563068
DVCR= 0.3596448 DTK= 0.8562971
DVCR= 0.3596445 DTK= 0.8562965
DVCR= 0.3596445 DTK= 0.8562965
HHK= 5.061054 HV= 4.0488437E-02 LV= 8.0976874E-02 LK= 0.1713381 ALK=
0.0000000E+00 PH= 1.3933504E-02 PB= 1.8149147E-02 DVCR= 0.3596445
LVHS,LVH,FOK,FOV,FMK,FOG,TGK,GOT,GOG,GOZ= 6.066583 2.000000
0.5700000 4.333763 0.4560000 0.1315254 1.617647
0.1000000 0.1000000 0.3000000
JOT,LVHS,FKK,FOK,GOT,GOG,GOZ= 6.066583 0.3000000
0.5700000 0.1000000 0.1000000 0.3000000
TETA= 0.1163E+01
GRAF 42.00000 15.00000 0.8000000 2.500000 4.048844
42.80000 -3.000000 1.600000 0.4800000 0.0000000E+00
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0
NAME OF FILE FOR <HP7580> : HP
NAME OF FILE FOR <VT24X> : VT
LK,LV,RV1,DB,DT,PH,HH,SH,HCH 17.13381 8.097688 6.878325
0.0000000E+00 15.00000 1.393350 0.1000000 0.2000000
0.1500000
RV3,DB,DT,HT,PB 2.393960 28.28578 15.00000 2.500000
1.814915
DH= 42.80000 PH= 1.393350 DB= PB= 1.814915
LK= 17.13381 LV= 8.097688 HV= 4.048844
TA 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.1000E+01
TA 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.7325E-01
KP= 0.3076E+01 SIGK= 0.9692E+00
MAIN 0.3076E+01
V= 0.8025E-02
MAIN 0.8025E-02
KPS= 0.9681E+00 0.3506E-01 0.8025E-02
MAIN 0.9681E+00
MASSA= 0.1786E+02 0.6282E+01 0.3820E+01 0.4524E+01 0.3237E+01
SH,K,XO,YO,HKO,HTO,DKO,DTO,LKO,LVO,HVO 12.14653 20.98223
0.8000000 2.500000 42.00000 15.00000 0.1713381
8.097688 4.048844
FKO,FKHO,FKBO,DHO,PHO,DBO,PBO,RVO1,RVO2,P 0.0000000E+00 0.0000000E+00
0.0000000E+00 0.4280000 1.393350 0.2828578 1.814915
6.878325 3.603903 -3.000000
H,HHK,RB2 4.0488437E-02 5.061054 3.6039025E-02
LKO,LVO,RV1,DBO,DTO,PHO,HH,SH,HCH 0.1713381 8.097688 6.8783246E-02
0.2828578 15.00000 1.393350 1.0000000E-03 2.0000001E-03
1.5000000E-03
HV,HHK,RB2 0.0000000E+00 5.061054 3.6039025E-02

```

```

-----
| KV |.0035| DEL | 0.00| LDHK|0.030|
|-----|-----|-----|-----|
| LVH |2.000| LAMK|0.100| FOK |0.570|
|-----|-----|-----|-----|
| HHK |5.061| H |.0405| LV |0.081|
|-----|-----|-----|-----|

```

```

| LK |0.171| DH |0.428| RIC |0.027|
|-----|-----|-----|-----|-----|
| KNPT| 1.16| KPS |0.968| KP | 3.08|
|-----|-----|-----|-----|-----|
| TX |.0222| GK |17.86| FOFG|0.132|
|-----|-----|-----|-----|-----|
SH_K, XO, YO, HKO, HTO, DKO, DTO, LKO, LVO, HVO 12.14653 20.98223
0.8000000 2.500000 42.00000 15.00000 0.1713381
8.097688 4.048844
FKO, FKHO, FKBO, DHO, PHO, DBO, PBO, RVO1, RVO2, P 0.0000000E+00 0.0000000E+00
0.0000000E+00 42.80000 1.393350 30.31020 1.814915
6.878325 3.603903 -3.000000

```

```

->
IN
NAME IDAN
DEL
=
2.;2.0

```

```

->
CHSH
MAIN 0.3500E-02 0.3000E-01 0.2500E+00 0.2000E+01 0.3000E+00 0.2000E+01
0.3000E+00 0.2000E+01
0.5700E+00 0.9000E+00
FK, FKH, FKB, TGK, DH, PH= 1.0555440E-02 1.4325239E-02 5.7300953E-03
1.617647 0.4600000 1.3136411E-02
DVCR1= 0.377272 DTK1= 0.8993504
LMO, TGO, TKO, GOT, KV, PA, TA, HK= 0.1000000 1100.000 680.0000
0.1000000 3.5000001E-03 0.6116208 225.0000 8.0000004E-03
DVCR= 0.3963906 DTK= 0.9437872
DVCR= 0.3951610 DTK= 0.9408596
DVCR= 0.3951011 DTK= 0.9407169
DVCR= 0.3950981 DTK= 0.9407099
DVCR= 0.3950980 DTK= 0.9407095
DVCR= 0.3950980 DTK= 0.9407095
HHK= 4.828646 HV= 3.8629167E-02 LV= 7.7258334E-02 LK= 0.1749553 ALK=
0.0000000E+00 PH= 1.3136411E-02 PB= 1.6409421E-02 DVCR= 0.3950980
LVHS, LVH, FOK, FOV, FMK, FOG, TGK, GOT, GOG, GOZ= 6.983121 2.000000
0.5700000 4.542353 0.4560000 0.1254856 1.617647
0.1000000 0.1000000 0.3000000
JOT, LVHS, FKK, FOK, GOT, GOG, GOZ= 2.886513 6.983121 0.3000000
0.5700000 0.1000000 0.1000000 0.3000000
TETA= 0.1161E+01
GRAF 42.00000 15.00000 0.8000000 2.500000 3.862917
46.00000 -3.000000 1.600000 0.4800000 0.0000000E+00
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0
NAME OF FILE FOR <HP7580> : HP
NAME OF FILE FOR <VT24X> : VT
LK, LV, RV1, DB, DT, PH, HH, SH, HCH 17.49553 7.725833 7.718179
30.31020 15.00000 1.313641 0.1000000 0.2000000
0.1500000
RV3, DB, DT, HT, PB 3.442759 32.36500 15.00000 2.500000
1.640942
DH= 46.00000 PH= 1.313641 DB= PB= 1.640942
LK= 17.49553 LV= 7.725833 HV= 3.862917
TA 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.1000E+01
TA 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.7325E-01
KP= 0.3078E+01 SIGK= 0.9692E+00

```

MAIN 0.3078E+01
 V- 0.8980E-02
 MAIN 0.8980E-02
 KPS- 0.9745E+00 0.3506E-01 0.8980E-02
 MAIN 0.9745E+00
 MASSA- 0.1922E+02 0.6016E+01 0.4004E+01 0.5640E+01 0.3556E+01
 SH_K, XO, YO, HKO, HTO, DKO, DTO, LKO, LVO, HVO 11.58875 22.75490
 0.8000000 2.500000 42.00000 15.00000 0.1749553
 7.725833 3.862917
 FKO, FKHO, FKBO, DHO, PHO, DBO, PBO, RVO1, RVO2, P 0.000000E+00 0.000000E+00
 0.000000E+00 0.4599999 1.313641 0.3236500 1.640942
 7.718179 4.536720 -3.000000
 H, HHK, RB2 3.8629167E-02 4.828646 4.5367196E-02
 LKO, LVO, RV1, DBO, DTO, PHO, HH, SH, HCH 0.1749553 7.725833 7.7181786E-02
 0.3236500 15.00000 1.313641 1.000000E-03 2.0000001E-03
 1.5000000E-03
 HV, HHK, RB2 0.000000E+00 4.828646 4.5367196E-02

```

| KV |.0035| DEL | 2.00| LDHK|0.030|
|-----|-----|-----|-----|
| LVH |2.000| LAMK|0.100| FOK |0.570|
|-----|-----|-----|-----|
| HHK |4.829| H |.0386| LV |0.077|
|-----|-----|-----|-----|
| LK |0.175| DH |0.460| RIC |0.037|
|-----|-----|-----|-----|
| KNPT| 1.16| KPS |0.975| KP | 3.08|
|-----|-----|-----|-----|
| TX |.0248| GK |19.22| POFG|0.125|
|-----|-----|-----|-----|

```

SH_K, XO, YO, HKO, HTO, DKO, DTO, LKO, LVO, HVO 11.58875 22.75490
 0.8000000 2.500000 42.00000 15.00000 0.1749553
 7.725833 3.862917
 FKO, FKHO, FKBO, DHO, PHO, DBO, PBO, RVO1, RVO2, P 0.000000E+00 0.000000E+00
 0.000000E+00 46.00000 1.313641 34.29645 1.640942
 7.718179 4.536720 -3.000000

->
 IN
 NAME IDAN
 DEL
 =
 -2.0

->
 CHSH
 MAIN 0.3500E-02 0.3000E-01 0.2500E+00 0.2000E+01 0.3000E+00 -0.2000E+01
 0.3000E+00 0.2000E+01
 0.5700E+00 0.9000E+00
 FK, FKH, FKB, TGK, DH, PH- 1.0555440E-02 1.4325239E-02 5.7300953E-03
 1.617647 0.3960000 1.4871011E-02
 DVCR1- 0.3102579 DTK1- 0.7387094
 LAMO, TGO, TKO, GOT, KV, PA, TA, HK- 0.1000000 1100.000 680.0000
 0.1000000 3.5000001E-03 0.6116208 225.0000 8.0000004E-03
 DVCR- 0.3250613 DTK- 0.7739555
 DVCR- 0.3236701 DTK- 0.7706432
 DVCR- 0.3235787 DTK- 0.7704256
 DVCR- 0.3235727 DTK- 0.7704112
 DVCR- 0.3235723 DTK- 0.7704103

DVCR= 0.3235723 DTK= 0.7704102
 HHK= 5.335708 HV= 4.2685665E-02 LV= 8.5371330E-02 LK= 0.1685138 ALK
 0.0000000E+00 PH= 1.4871011E-02 PB= 2.0513313E-02 DVCR= 0.3235723
 LVHS, LVH, FOK, FOV, FMK, FOG, TKG, GOT, GOG, GOZ= 5.193562 2.000000
 0.5700000 4.110683 0.4560000 0.1386631 1.617647
 0.1000000 0.1000000 0.3000000
 JOT, LVHS, FKK, FOK, GOT, GOG, GOZ= 2.612202 5.193562 0.3000000
 0.5700000 0.1000000 0.1000000 0.3000000
 TETA= 0.1165E+01
 GRAF 42.00000 15.00000 0.8000000 2.500000 4.268567
 39.60000 -3.000000 1.600000 0.4800000 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0
 NAME OF FILE FOR <HP7580> : HP
 NAME OF FILE FOR <VT24X> : VT
 LK, LV, RV1, DB, DT, PH, HL, SH, HCH 16.85138 8.537133 6.031448
 34.29645 15.00000 1.487101 0.1000000 0.2000000
 0.1500000
 RV3, DB, DT, HT, PB 1.279611 23.98600 15.00000 2.500000
 2.051331
 DH= 39.60000 PH= 1.487101 DB= PB= 2.051331
 LR= 16.85138 LV= 8.537133 HV= 4.268567
 TA 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.1000E+01
 TA 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.7325E-01
 KP= 0.3073E+01 SIGK= 0.9693E+00
 MAIN 0.3073E+01
 V= 0.7112E-02
 MAIN 0.7112E-02
 KPS= 0.9593E+00 0.3506E-01 0.7112E-02
 MAIN 0.9593E+00
 MASSA= 0.1663E+02 0.6596E+01 0.3623E+01 0.3498E+01 0.2912E+01
 SH_K, XO, YO, HKO, HTO, DKO, DTO, LKO, LVO, HVO 12.80570 19.17862
 0.8000000 2.500000 42.00000 15.00000 0.1685138
 8.537133 4.268567
 FKO, FKHO, FKBO, DHO, PHO, DBO, PBO, RVO1, RVO2, P 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.3960000 1.487101 0.2398600 2.051331
 6.031448 2.647165 -3.000000
 H, HHK, RB2 4.2685665E-02 5.335708 2.6471654E-02
 LKO, LVO, RV1, DBO, DTO, PHO, HH, SH, HCH 0.1685138 8.537133 6.0314484E-02
 0.2398600 15.00000 1.487101 1.0000000E-03 2.0000001E-03
 1.5000000E-03
 HV, HHK, RB2 0.0000000E+00 5.335708 2.6471654E-02

{ KV { 0.035 } DEL { -2.00 } LDHK { 0.030 }
 {-----}
 { LVH { 2.000 } LAMK { 0.100 } FOK { 0.570 }
 {-----}
 { HHK { 5.336 } H { 0.0427 } LV { 0.085 }
 {-----}
 { LK { 0.169 } DH { 0.396 } RIC { 0.016 }
 {-----}
 { KNPT { 1.16 } KPS { 0.959 } KP { 3.07 }
 {-----}
 { TX { 0.0197 } GK { 16.63 } FOFG { 0.139 }
 {-----}

SH_K, XO, YO, HKO, HTO, DKO, DTO, LKO, LVO, HVO 12.80570 19.17862
 0.8000000 2.500000 42.00000 15.00000 0.1685138
 8.537133 4.268567
 FKO, FKHO, FKBO, DHO, PHO, DBO, PBO, RVO1, RVO2, P 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 39.60000 1.487101 26.12028 2.051331
 6.031448 2.647165 -3.000000

DEL

->
IN
NAME IDAN
DEL
-
-4.0

->

CHSH

MAIN 0.3500E-02 0.3000E-01 0.2500E+00 0.2000E+01 0.3000E+00 -0.4000E+01
0.3000E+00 0.2000E+01
0.5700E+00 0.9000E+00
FK,FKH,FKB,TGK,DH,PH= 1.0555440E-02 1.4325239E-02 5.7300953E-03
1.617647 0.3640000 1.5991131E-02
DVCR1= 0.2760177 DTK1= 0.6571850
LAMO,TGO,TKO,GOT,KV,PA,TA,HK= 0.1000000 1100.000 680.0000
0.1000000 3.5000001E-03 0.6116208 225.0000 8.0000004E-03
DVCR= 0.2883405 DTK= 0.6865250
DVCR= 0.2867993 DTK= 0.6828555
DVCR= 0.2866780 DTK= 0.6825666
DVCR= 0.2866684 DTK= 0.6825438
DVCR= 0.2866676 DTK= 0.6825420
DVCR= 0.2866676 DTK= 0.6825419
HHK= 5.668765 HV= 4.5350119E-02 LV= 9.0700239E-02 LK= 0.1667762 ALK=
0.0000000E+00 PH= 1.5991131E-02 PB= 2.3981320E-02 DVCR= 0.2866676
LVHS,LVH,FOK,FOV,FMK,FOG,TGK,GOT,GOG,GOZ= 4.366814 2.000000
0.5700000 3.869169 0.4560000 0.1473184 1.617647
0.1000000 0.1000000 0.3000000
JOT,LVHS,FKK,FOK,GOT,GOG,GOZ= 2.458728 4.366814 0.3000000
0.5700000 0.1000000 0.1000000 0.3000000
TETA= 0.1169E+01
GRAF 42.00000 15.00000 0.8000000 2.500000 4.535012
36.40000 -3.000000 1.600000 0.4800000 0.0000000E+00
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0
NAME OF FILE FOR <HP7580> : HP
NAME OF FILE FOR <VT24X> : VT
LK,LV,RV1,DB,DT,PH,HH,SH,HCH 16.67762 9.070024 5.175443
26.12028 15.00000 1.599113 0.1000000 0.2000000
0.1500000
RV3,DB,DT,HT,PB 5.9181958E-02 19.33548 15.00000 2.500000
2.398132
DH= 36.40000 PH= 1.599113 DB= PB= 2.398132
LK= 16.67762 LV= 9.070024 HV= 4.535012
TA 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.1000E+01
TA 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.7325E-01
KP= 0.3071E+01 SIGK= 0.9693E+00
MAIN 0.3071E+01
V= 0.6242E-02
MAIN 0.6242E-02
KPS= 0.9472E+00 0.3506E-01 0.6242E-02
MAIN 0.9472E+00
MASSA= 0.1553E+02 0.6978E+01 0.3410E+01 0.2563E+01 0.2580E+01
SH,K,XO,YO,HKO,HTO,DKO,DTO,LKO,LVO,HVO 13.60504 17.33338
0.8000000 2.500000 42.00000 15.00000 0.1667762
9.070024 4.535012
FKO,FKHO,FKBO,DHO,PHO,DBO,PBO,RV01,RV02,P 0.0000000E+00 0.0000000E+00

0.000000E+00	0.364000	1.599113	0.1933548	2.398132
5.175443	1.657937	-3.000000		
H, HHK, RB2	4.5350119E-02	5.668765	1.6579365E-02	
LKO, LVO, RV1, DBO, DTO, PHO, HH, SH, HCH	0.1667762	9.070024	5.1754430E-02	
0.1933548	15.00000	1.599113	1.000000E-03	2.0000001E-03
1.500000E-03				
HV, HHK, RB2	0.000000E+00	5.668765	1.6579365E-02	

```

{ KV {0.0035} DEL {-4.00} LDHK{0.030}
{-----}
{ LVH {2.000} LAMK{0.100} FOK {0.570}
{-----}
{ HHK {5.669} H {0.0454} LV {0.091}
{-----}
{ LK {0.167} DH {0.364} RIC {0.004}
{-----}
{ KNPT{ 1.17} KPS {0.947} KP { 3.07}
{-----}
{ TX {0.0173} GK {15.53} FOPG{0.147}
{-----}

```

SH_K, XO, YO, HKO, HTO, DKO, DTO, LKO, LVO, HVO	13.60504	17.33338
0.8000000	2.500000	42.00000
9.070024	4.535012	15.00000
FKO, FKHO, FKBO, DHO, PHO, DBO, PBO, RVO1, RVO2, P	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	36.40000	1.599113
5.175443	1.657937	-3.000000
		21.60299
		2.398132
		5.175443

->

DCAL				
OP XO, YO, HKO, HTO, DKO, DTO, LKO, LVO, HVO, FKO	13.60504	17.33338		
0.8000000	2.500000	42.00000	15.00000	0.1667762
9.070024	4.535012			
FKHO, FKBO, DHO, PHO, DBO, PBO, RV1, RV2, P	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	
36.40000	1.599113	21.60299	2.398132	5.175443
1.657937	-3.000000			

IZ, IO1, IO2=	13	26	13	
N, NV, NH, NB=	13	3	11	5
50 M1, M2=	1	3		
60 M1, FIO1S=	1	3.0000001E-02		
RS IOH, IOB	0	30	0	13
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	21	0	13
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0

CHMKK YGH	0.1660089	0.1660089	0.1660089	0.1660089
0.1660089	0.1660089	0.1660089	0.1614260	0.1484890
0.1294890	0.1077910	8.7237693E-02	7.1469031E-02	6.3277692E-02
6.3277692E-02	6.3277692E-02	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
CHMK XB1, YB1	10.88403	8.767690	6.651351	6.651351
5.969257	5.407962	5.066872	5.006394	4.535012
4.343308	4.151603	4.251603	4.351603	0.000000E+00

0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	15.06587	15.06587	15.06587	13.40794
13.26113	12.84669	12.23804	11.54295	15.06587
10.37938	11.79494	11.79494	11.79494	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
CHMK XGB1, YGB1	0.1088403	9.8509245E-02	8.7676898E-02	6.6513509E-02
6.6764161E-02	6.6513509E-02	6.6513509E-02	5.9692569E-02	5.4079618E-02
5.0668716E-02	5.0063945E-02	4.5350123E-02	4.3433081E-02	4.1516032E-02
4.2516030E-02	4.3516029E-02	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.1206587	0.1206587	0.1206587	0.1206587
0.1206587	0.1206587	0.1040794	0.1026113	9.8466948E-02
9.2380382E-02	8.5429490E-02	0.1206587	7.3793851E-02	8.7949425E-02
8.7949425E-02	8.7949425E-02	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
PR IOH, IOB	0	30	0	13
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	21	0	13
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
TK= 630.0000	PO= 105000.0	LAMK= 0.1000000	ALF= 4.444445	
FH= 1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02
1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02
1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02
1.4325239E-02	FB= 5.7300953E-03	5.7300953E-03	5.7300953E-03	5.7300953E-03
5.7300953E-03	5.7300953E-03	5.7300953E-03	5.7300953E-03	5.7300953E-03
5.7300953E-03	5.7300953E-03	5.7300953E-03	5.7300953E-03	5.7300953E-03
5.7300953E-03	5.7300953E-03	F1= 4.0840778E-02	4.0840778E-02	4.0840778E-02
4.0840778E-02	4.0840778E-02	4.0840778E-02	5.5529565E-02	5.7041049E-02
5.3539887E-02	4.6117671E-02	3.6637545E-02	3.6161032E-02	1.2458809E-02
1.1969265E-02	1.1969265E-02	1.1969265E-02		
FMH= 1.0452618E-04	1.0801038E-03	1.0452618E-04	1.0452618E-04	
8.8314223E-04	6.0166002E-08	1.1094252E-04	1.1035211E-04	1.0852936E-04
1.0534356E-04	1.0069359E-04	7.5740747E-05	8.8804642E-05	0.000000E+00
5.0138337E-05	0.000000E+00	FMB= 7.5971839E-05	7.8504224E-04	7.5971839E-05
7.5971839E-05	8.8314223E-04	6.0166002E-08	6.9555492E-05	6.0166002E-08
6.0166002E-08	6.0166002E-08	6.0166002E-08	6.0166002E-08	6.0166002E-08
0.000000E+00	7.0193673E-05	0.000000E+00	FHC= 1.0452618E-04	9.9999997E-06
1.0452618E-04	1.0452618E-04	9.9999997E-06	9.9999997E-06	1.1094252E-04
1.1035211E-04	1.0852936E-04	1.0534356E-04	1.0069359E-04	7.5740747E-05
8.8804642E-05	9.9999997E-06	5.0138337E-05	0.000000E+00	FBC= 7.5971839E-05
9.9999997E-06	7.5971839E-05	7.5971839E-05	9.9999997E-06	9.9999997E-06
6.9555492E-05	6.0166002E-08	6.0166002E-08	6.0166002E-08	6.0166002E-08
6.0166002E-08	6.0166002E-08	9.9999997E-06	7.0193673E-05	0.000000E+00
R= 12.00000	5.000000	12.00000	12.00000	5.000000
4.000000	8.000000	8.000000	8.000000	8.000000
8.000000	8.000000	8.000000	3.000000	10.00000

10. 00000
D L1, N1, BETA1, NU, N, M= 2. 4000001E-04 1. 055576 0. 0000000E+00
0. 0000000E+00 16 4
GAMMA= 5. 688282
DZ= 6. 218872 KP%= 3. 627338
A1= 0. 4976239 0. 5120598 0. 6875926 0. 7018097 0. 7159879
0. 8583690 0. 1416310 0. 1269347 0. 1123260 9. 7951896E-02
8. 3977342E-02 7. 0567071E-02 6. 0479347E-02 4. 7612086E-02 -2. 3879162E-03
-1. 4606896E-02 A2= 0. 3716512 0. 3618237 0. 2389649 0. 2286444
0. 2183074 7. 6141275E-02 7. 6141275E-02 6. 6398285E-02 6. 6389859E-02
6. 6381432E-02 6. 6372991E-02 6. 6364527E-02 6. 6356063E-02 6. 6346928E-02
1. 6346928E-02 -1. 5900651E-03 A3= 0. 1259727 0. 1502361 0. 4486277
0. 4731653 0. 4976806 0. 7822278 0. 7822278 0. 8066671
0. 8212842 0. 8356667 0. 8496497 0. 8630685 0. 8731647
0. 8860411 0. 8860411 0. 9161971
1 P4, T4, LAM4, ALF4 105000. 0 630. 0000 0. 1000000 4. 000000
GO
0. 0000000E+00
LCO, HHK, H, ALO, FIF, IFR, T4, TWD= 2. 1163387E-02 0. 0000000E+00 4. 5350119E-02
2. 0000000E-02 0. 1500000 0 630. 0000 1173. 000
LC= 2. 1163387E-02 0. 0000000E+00 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 0. 0000000E+00
0. 0000000E+00 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02
2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 1. 1111111E-02 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
I, EP, QM 1 0. 4344969 312637. 1
TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, ABI, S, H
1906. 488 0. 5598788 4. 444445 175038. 9 0. 4253860
0. 4253860 5. 949942 2. 6044272E-02 4. 5350119E-02
Y (I) = 7. 3448387E-03
MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 4. 4621170E-02 0. 5598788 4. 444445
2. 1163387E-02 4. 5350119E-02 1. 400000
Y (I), YC (I) 7. 3448387E-03 5. 0000001E-02
Y (I) = 5. 0000001E-02
I, EP, QM 2 0. 4344969 312637. 1
TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, ABI, S, H
1906. 488 0. 6677161 4. 444445 208752. 8 0. 4253860
0. 4253860 5. 167904 2. 6044272E-02 4. 5350119E-02
Y (I) = 0. 0000000E+00
MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 4. 4621170E-02 0. 6677161 4. 444445
0. 0000000E+00 4. 5350119E-02 1. 400000
Y (I), YC (I) 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
Y (I) = 0. 0000000E+00
I, EP, QM 3 0. 4344969 312637. 1
TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, ABI, S, H
1750. 554 1. 993901 4. 444445 312637. 1 0. 4845816
0. 4845816 2. 228683 1. 5435637E-02 4. 5350119E-02
Y (I) = 2. 2514924E-02
MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 3. 8407821E-02 1. 993901 4. 444445
2. 1163387E-02 4. 5350119E-02 1. 400000
Y (I), YC (I) 2. 2514924E-02 0. 0000000E+00
Y (I) = 2. 2514924E-02
I, EP, QM 4 0. 4344969 312637. 1
TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, ABI, S, H
2023. 011 2. 102957 4. 444445 304693. 6 0. 3898030
0. 3898030 2. 015663 3. 5378136E-02 4. 5350119E-02
Y (I) = 3. 0230287E-02
MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 4. 8895020E-02 2. 102957 4. 444445
2. 1163387E-02 4. 5350119E-02 1. 400000
Y (I), YC (I) 3. 0230287E-02 0. 0000000E+00

Y(I) = 3.0230287E-02
I, EP, QM 5 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1963.605 2.211914 4.444445 296506.8 0.4071669
0.4071669 1.959049 3.0484309E-02 4.5350119E-02
Y(I) = 0.0000000E+00
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 4.6749014E-02 2.211914 4.444445
0.0000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 0.0000000E+00 0.0000000E+00
Y(I) = 0.0000000E+00
I, EP, QM 6 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1522.239 3.476568 4.444445 216142.8 0.6085816
0.6085816 1.510664 4.6716561E-03 4.5350119E-02
Y(I) = 0.0000000E+00
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.5223749E-02 3.476568 4.444445
0.0000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 0.0000000E+00 0.0000000E+00
Y(I) = 0.0000000E+00
I, EP, QM 7 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1522.239 3.476568 4.444445 216142.8 0.6085816
0.6085816 1.931577 4.6716561E-03 4.5350119E-02
Y(I) = 2.8226903E-02
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.7616281E-02 3.476568 4.444445
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 2.8226903E-02 0.0000000E+00
Y(I) = 2.8226903E-02
I, EP, QM 8 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1497.602 3.585187 4.444445 210353.0 0.6258631
0.6258631 1.938154 3.8902473E-03 4.5350119E-02
Y(I) = 2.7680809E-02
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.6261507E-02 3.585187 4.444445
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 2.7680809E-02 0.0000000E+00
Y(I) = 2.7680809E-02
I, EP, QM 9 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1483.508 3.650152 4.444445 206964.6 0.6361976
0.6361976 1.822986 3.4777932E-03 4.5350119E-02
Y(I) = 2.7325900E-02
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.5463393E-02 3.650152 4.444445
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 2.7325900E-02 0.0000000E+00
Y(I) = 2.7325900E-02
I, EP, QM 10 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1470.082 3.714074 4.444445 203683.8 0.6463653
0.6463653 1.601338 3.1082456E-03 4.5350119E-02
Y(I) = 2.6955817E-02
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.4686223E-02 3.714074 4.444445
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 2.6955817E-02 0.0000000E+00
Y(I) = 2.6955817E-02
I, EP, QM 11 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1457.429 3.776221 4.444445 200544.0 0.6562494
0.6562494 1.319066 2.7808154E-03 4.5350119E-02
Y(I) = 2.6576048E-02
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.3937881E-02 3.776221 4.444445

2. 1163387E-02 4. 5350119E-02 1. 400000
 Y (I), YC (I) 2. 6576048E-02 0. 0000000E+00
 Y (I) = 2. 6576048E-02
 I, EP, QM 12 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1445. 641 3. 835860 4. 444445 197576. 5 0. 6657342
 0. 6657342 1. 293256 2. 4938828E-03 4. 5350119E-02
 Y (I) = 2. 6192911E-02
 MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 2. 3225963E-02 3. 835860 4. 444445
 2. 1163387E-02 4. 5350119E-02 1. 400000
 Y (I), YC (I) 2. 6192911E-02 0. 0000000E+00
 Y (I) = 2. 6192911E-02
 I, EP, QM 13 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1436. 991 3. 880732 4. 444445 195372. 7 0. 6728702
 0. 6728702 0. 5476145 2. 2944084E-03 4. 5350119E-02
 Y (I) = 2. 9725678E-02
 MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 4. 9624767E-02 3. 880732 4. 444445
 1. 1111111E-02 4. 5350119E-02 1. 400000
 Y (I), YC (I) 2. 9725678E-02 0. 0000000E+00
 Y (I) = 2. 9725678E-02
 I, EP, QM 14 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1426. 223 3. 937960 4. 444445 192597. 6 0. 6819696
 0. 6819696 0. 5257366 2. 0591235E-03 4. 5350119E-02
 Y (I) = 0. 0000000E+00
 MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 2. 2191519E-03 3. 937960 4. 444445
 0. 0000000E+00 4. 5350119E-02 1. 400000
 Y (I), YC (I) 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 Y (I) = 0. 0000000E+00
 I, EP, QM 15 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1426. 223 3. 937960 4. 444445 192597. 6 0. 6819696
 0. 6819696 0. 5257366 2. 0591235E-03 4. 5350119E-02
 Y (I) = 0. 0000000E+00
 MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 2. 2020305E-02 3. 937960 4. 444445
 0. 0000000E+00 4. 5350119E-02 1. 400000
 Y (I), YC (I) 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 Y (I) = 0. 0000000E+00
 Y = 5. 0000001E-02 0. 0000000E+00 2. 2514924E-02 3. 0230287E-02 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 2. 8226903E-02 2. 7680809E-02 2. 7325900E-02 2. 6955817E-02
 2. 6576048E-02 2. 6192911E-02 2. 9725678E-02 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1. 000000 0. 1206587 2. 8954938E-02 2. 1045061E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0. 0000000E+00 0. 1206587 2. 8954938E-02 2. 1045061E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1. 000000 0. 1206587 4. 1993301E-02 3. 0521620E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1. 000000 0. 1206587 5. 9499625E-02 4. 3245584E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0. 0000000E+00 0. 1206587 5. 9499625E-02 4. 3245584E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0. 0000000E+00 0. 1206587 5. 9499625E-02 4. 3245584E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1. 000000 0. 1040794 7. 6849200E-02 5. 4122914E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0. 0000000E+00 0. 1026113 9. 3772575E-02 5. 4122914E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0. 0000000E+00 9. 8466948E-02 0. 1102030 5. 4122914E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0. 0000000E+00 9. 2380382E-02 0. 1259352 5. 4122914E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0. 0000000E+00 8. 5429490E-02 0. 1407610 5. 4122914E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0. 0000000E+00 0. 1206587 0. 1517521 5. 4122914E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0. 0000000E+00 7. 3793851E-02 0. 1663771 5. 4122914E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0. 0000000E+00 8. 7949425E-02 0. 1663771 5. 4122914E-02
 GOX 0. 2205000
 GOX 0. 2205000

0.5000E-01 0.0000E+00 0.2251E-01 0.3023E-01 0.0000E+00 0.0000E+00 0.2823E
 -01 0.2768E-01
 0.2733E-01 0.2696E-01 0.2658E-01 0.2619E-01 0.2973E-01 0.0000E+00 0.0000E
 +00 0.0000E+00
 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E
 +00 0.0000E+00
 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
 FIF, H, D, FOK, FK 0.1500000 0.8662689 0.4360000 0.5700000
 1.0550400E-02
 IO1, IO2, NPR 26 13 4
 FIF 0.1500000
 FOK 0.5700000
 FK 1.0550400E-02
 H, D 0.8662689 0.4360000
 RI FMH 1.9734778E-04 1.0801038E-03 8.7872388E-05 1.1809157E-04
 8.8314223E-04 6.0166002E-08 1.1739806E-04 1.9146400E-04 1.8891894E-04
 1.8605840E-04 1.8271305E-04 1.8002999E-04 1.8782877E-04 0.0000000E+00
 5.0138340E-05 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 RI FMB 1.4343654E-04 7.8504224E-04 6.3867505E-05 8.5831452E-05
 8.8314223E-04 6.0166002E-08 7.3602787E-05 1.0438969E-07 1.0473201E-07
 1.0626554E-07 1.0917393E-07 1.4301001E-07 1.2725582E-07 0.0000000E+00
 7.0193681E-05 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 NPR, N2 4 14
 FOK, FK, FMS1, FMS2 0.5700000 1.0550400E-02 6.9644721E-04 1.3087088E-03
 FMSO1, FMSO2, FMOO1, FMOO2 0.1158096 0.2176202 0.2841904
 0.2123798
 DOH 7.2277739E-04 6.9611417E-03 3.2182867E-04 4.3250507E-04 7.9078060E-03
 7.9078060E-03 4.2996512E-04 7.2113611E-04 7.7354361E-04 8.7361445E-04
 1.0306007E-03 1.2547126E-03 1.5978933E-03 0.0000000E+00 3.4838982E-04
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 DOB 7.2277745E-04 5.9346380E-03 3.2182864E-04 4.3250510E-04 7.9078060E-03
 7.9078060E-03 4.2996503E-04 6.1853763E-07 6.4668455E-07 6.9938488E-07
 7.7698866E-07 7.2062818E-07 1.0484821E-06 0.0000000E+00 6.8284408E-04
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 END RI FIO 5.6667730E-02 0.2841904 2.5232250E-02 3.3909585E-02
 0.2123798 0.2123798 3.1760804E-02 3.1855181E-02 3.1432029E-02
 3.0956617E-02 3.0400811E-02 2.9960284E-02 3.1254493E-02 0.0000000E+00
 2.0000000E-02 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 TK= 630.0000 PO= 105000.0 LAMK= 0.1000000 ALF= 4.444445
 FH= 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 FB= 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 F1= 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02
 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02 5.529565E-02 5.7041049E-02
 5.3539887E-02 4.6117671E-02 3.6637545E-02 3.6161032E-02 1.2458809E-02

1. 1969265E-02 1. 1969265E-02 1. 1969265E-02
 FMH= 1. 9734778E-04 9. 8970532E-04 8. 7872388E-05 1. 1809157E-04
 6. 3859706E-04 6. 3859706E-04 1. 1739806E-04 1. 9146400E-04 1. 8891894E-04
 1. 8605840E-04 1. 8271305E-04 1. 8002999E-04 1. 8782877E-04 0. 0000000E+00
 5. 0138340E-05 0. 0000000E+00 FMB= 1. 4343654E-04 7. 1933866E-04 6. 3867505E-05
 8. 5831452E-05 6. 3859706E-04 6. 3859706E-04 7. 3602787E-05 1. 0438969E-07
 1. 0473201E-07 1. 0626554E-07 1. 0917393E-07 1. 4301001E-07 1. 2725582E-07
 0. 0000000E+00 7. 0193681E-05 0. 0000000E+00 FHC= 1. 9734779E-03 9. 9999997E-06
 8. 7872386E-04 1. 1809157E-03 9. 9999997E-06 9. 9999997E-06 1. 1739805E-03
 1. 9146401E-03 1. 8891895E-03 1. 8605840E-03 1. 8271304E-03 1. 8003000E-03
 1. 8782878E-03 9. 9999997E-06 2. 5069169E-04 0. 0000000E+00 FBC= 1. 4343654E-03
 9. 9999997E-06 6. 3867506E-04 8. 5831451E-04 9. 9999997E-06 9. 9999997E-06
 7. 3602790E-04 1. 0438969E-06 1. 0473201E-06 1. 0626554E-06 1. 0917393E-06
 1. 4301002E-06 1. 2725582E-06 9. 9999997E-06 3. 5096842E-04 0. 0000000E+00
 R= 12. 00000 5. 000000 12. 00000 12. 00000 5. 000000
 4. 000000 8. 000000 8. 000000 8. 000000 8. 000000
 8. 000000 8. 000000 8. 000000 3. 000000 10. 00000
 10. 00000
 D L1, N1, BETA1, NU, N, M= 2. 4000001E-04 1. 055576 0. 0000000E+00
 5. 5760797E-06 16 4
 GAMMA= 5. 688282
 DZ= 6. 468901 KP= 3. 773175
 A1= 0. 4621405 0. 4896320 0. 6517282 0. 6638141 0. 6800423
 0. 7842323 0. 2157677 0. 2000848 0. 1744882 0. 1491884
 0. 1242029 9. 9543408E-02 7. 5207315E-02 4. 7641184E-02 -2. 3588198E-03
 -1. 4812975E-02 AZ= 0. 3353069 0. 3163204 0. 2016904 0. 1928611
 0. 1809671 7. 6570623E-02 7. 6570623E-02 6. 6164859E-02 6. 6150084E-02
 6. 6135257E-02 6. 6120185E-02 6. 6104636E-02 6. 6084251E-02 6. 6064715E-02
 1. 6064711E-02 -2. 1789274E-03 A3= 0. 1268336 0. 1733116 0. 4500378
 0. 4709530 0. 4990752 0. 7076617 0. 7076617 0. 7337504
 0. 7593618 0. 7846765 0. 8096769 0. 8343520 0. 8587085
 0. 8862942 0. 8862942 0. 9169919
 GO
 27. 57902
 LCO, HHK, H, ALO, FIF, IFR, T4, TWD= 2. 1163387E-02 0. 0000000E+00 4. 5350119E-02
 2. 0000000E-02 0. 1500000 0 630. 0000 1173. 000
 LC= 2. 1163387E-02 0. 0000000E+00 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02
 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 1. 1111111E-02 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 I, EP, QM 1 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1906. 488 0. 5637050 4. 444445 176235. 1 0. 4253860
 0. 4253860 5. 917611 2. 6044272E-02 4. 5350119E-02
 Y(I) = 7. 3950337E-03
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 4. 4621170E-02 0. 5637050 4. 444445
 2. 1163387E-02 4. 5350119E-02 1. 400000
 Y(I), YC(I) 7. 3950337E-03 2. 6788458E-02
 Y(I) = 2. 6788458E-02
 I, EP, QM 2 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1906. 488 0. 7702738 4. 444445 240816. 2 0. 4253860
 0. 4253860 4. 609691 2. 6044272E-02 4. 5350119E-02
 Y(I) = 0. 0000000E+00
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 4. 4621170E-02 0. 7702738 4. 444445
 0. 0000000E+00 4. 5350119E-02 1. 400000
 Y(I), YC(I) 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 Y(I) = 0. 0000000E+00
 I, EP, QM 3 0. 4344969 312637. 1

TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
 2084.113 2.000168 4.444445 312623.9 0.3734236
 0.3734236 2.073289 4.0678788E-02 4.5350119E-02
 Y(I) = 3.4430172E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 5.8549795E-02 2.000168 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 3.4430172E-02 0.0000000E+00
 Y(I) = 3.4430172E-02
 I, EP, QM 4 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
 2028.633 2.093125 4.444445 305443.3 0.3882362
 0.3882362 2.020989 3.5854928E-02 4.5350119E-02
 Y(I) = 3.3553813E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 5.4525480E-02 2.093125 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 3.3553813E-02 0.0000000E+00
 Y(I) = 3.3553813E-02
 I, EP, QM 5 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
 1960.378 2.218112 4.444445 296047.7 0.4081547
 0.4081547 1.955955 3.0226257E-02 4.5350119E-02
 Y(I) = 0.0000000E+00
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 4.6630539E-02 2.218112 4.444445
 0.0000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 Y(I) = 0.0000000E+00
 I, EP, QM 6 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
 1606.906 3.145163 4.444445 234811.2 0.5558366
 0.5558366 1.601662 7.9373019E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 0.0000000E+00
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.8706478E-02 3.145163 4.444445
 0.0000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 Y(I) = 0.0000000E+00
 I, EP, QM 7 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
 1606.906 3.145163 4.444445 234811.2 0.5558366
 0.5558366 2.047929 7.9373019E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 3.1806372E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 3.4397248E-02 3.145163 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 3.1806372E-02 0.0000000E+00
 Y(I) = 3.1806372E-02
 I, EP, QM 8 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
 1575.509 3.261113 4.444445 228103.0 0.5742939
 0.5742939 2.048780 6.6224704E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 3.1311166E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 3.2657735E-02 3.261113 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 3.1311166E-02 0.0000000E+00
 Y(I) = 3.1311166E-02
 I, EP, QM 9 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
 1546.595 3.374941 4.444445 221704.0 0.5924101
 0.5924101 1.908906 5.5194814E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 2.8150035E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.8370399E-02 3.374941 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 2.8150035E-02 0.0000000E+00

Y(1) = 2.8150035E-02
I, EP, QM 10 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1519.707 3.487451 4.444445 215555.6 0.6103134
0.6103134 1.661842 4.5878189E-03 4.5350119E-02
Y(1) = 2.3476936E-02
MNX(1), ALM(1), ALK, LC(1), H, AZ 2.2897394E-02 3.487451 4.444445
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
Y(1), YC(1) 2.3476936E-02 0.0000000E+00
Y(1) = 2.3476936E-02
I, EP, QM 11 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1494.661 3.598564 4.444445 209650.8 0.6279914
0.6279914 1.357147 3.8021198E-03 4.5350119E-02
Y(1) = 1.8670153E-02
MNX(1), ALM(1), ALK, LC(1), H, AZ 1.7647021E-02 3.598564 4.444445
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
Y(1), YC(1) 1.8670153E-02 0.0000000E+00
Y(1) = 1.8670153E-02
I, EP, QM 12 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1471.292 3.708231 4.444445 203981.5 0.6454359
0.6454359 1.319429 3.1406058E-03 4.5350119E-02
Y(1) = 1.7735604E-02
MNX(1), ALM(1), ALK, LC(1), H, AZ 1.6267916E-02 3.708231 4.444445
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
Y(1), YC(1) 1.7735604E-02 0.0000000E+00
Y(1) = 1.7735604E-02
I, EP, QM 13 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1449.434 3.816482 4.444445 198535.8 0.6626527
0.6626527 0.5530667 2.5842984E-03 4.5350119E-02
Y(1) = 4.6756738E-03
MNX(1), ALM(1), ALK, LC(1), H, AZ 7.9370905E-03 3.816482 4.444445
1.1111111E-02 4.5350119E-02 1.400000
Y(1), YC(1) 4.6756738E-03 0.0000000E+00
Y(1) = 4.6756738E-03
I, EP, QM 14 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1426.014 3.939085 4.444445 192543.5 0.6821487
0.6821487 0.5256473 2.0546995E-03 4.5350119E-02
Y(1) = 0.0000000E+00
MNX(1), ALM(1), ALK, LC(1), H, AZ 2.2149212E-03 3.939085 4.444445
0.0000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
Y(1), YC(1) 0.0000000E+00 0.0000000E+00
Y(1) = 0.0000000E+00
I, EP, QM 15 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1426.014 3.939085 4.444445 192543.5 0.6821487
0.6821487 0.5256473 2.0546995E-03 4.5350119E-02
Y(1) = 0.0000000E+00
MNX(1), ALM(1), ALK, LC(1), H, AZ 1.6273221E-02 3.939085 4.444445
0.0000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
Y(1), YC(1) 0.0000000E+00 0.0000000E+00
Y(1) = 0.0000000E+00
Y = 2.6788458E-02 0.0000000E+00 3.4430172E-02 3.3553813E-02 0.0000000E+00
0.0000000E+00 3.1806372E-02 3.1311166E-02 2.8150035E-02 2.3476936E-02
1.8670153E-02 1.7735604E-02 4.6756738E-03 0.0000000E+00 0.0000000E+00
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00

QR, YGB1, GOXH, GOXB= 1.000000 0.1206587 1.5513164E-02 1.1275294E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 0.1206587 1.5513164E-02 1.1275294E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 1.000000 0.1206587 3.5451636E-02 2.5766995E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 1.000000 0.1206587 5.4882608E-02 3.9889835E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 0.1206587 5.4882608E-02 3.9889835E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 0.1206587 5.4882608E-02 3.9889835E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 1.000000 0.1040794 7.4432291E-02 5.2146524E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 0.1026113 9.3575180E-02 5.2146524E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 9.8466948E-02 0.1105012 5.2146524E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 9.2380382E-02 0.1242029 5.2146524E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 8.5429490E-02 0.1346184 5.2146524E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 0.1206587 0.1420606 5.2146524E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 7.3793851E-02 0.1443610 5.2146524E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 8.7949425E-02 0.1443610 5.2146524E-02
 GOX 0.1965076
 GOX 0.1965076
 0.2679E-01 0.0000E+00 0.3443E-01 0.3355E-01 0.0000E+00 0.0000E+00 0.3181E
 -01 0.3131E-01
 0.2815E-01 0.2348E-01 0.1867E-01 0.1774E-01 0.4676E-02 0.0000E+00 0.0000E
 +00 0.0000E+00
 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E
 +00 0.0000E+00
 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
 F1F, H, D, FOK, FK 0.1500000 0.8662689 0.4360000 0.5700000
 1.0550400E-02
 IO1, IO2, NPR 26 13 4
 F1F 0.1500000
 FOK 0.5700000
 FK 1.0550400E-02
 H, D 0.8662689 0.4360000
 RI FMH 1.0430337E-04 9.8970532E-04 1.3264647E-04 1.2920453E-04
 6.3859706E-04 6.3859706E-04 1.3124660E-04 2.1464445E-04 1.9264042E-04
 1.6021657E-04 1.2677240E-04 1.2021034E-04 2.9193638E-05 0.0000000E+00
 5.0138340E-05 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 RI FMB 7.5809898E-05 7.1933866E-04 9.6410251E-05 9.3908595E-05
 6.3859706E-04 6.3859706E-04 8.2285136E-05 1.1702809E-07 1.0679511E-07
 9.1506216E-08 7.5748517E-08 9.5491203E-08 1.9778975E-08 0.0000000E+00
 7.0193681E-05 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 NPR, N2 4 14
 FOK, FK, FMS1, FMS2 0.5700000 1.0550400E-02 6.3228310E-04 1.0577159E-03
 FMSO1, FMSO2, FMOO1, FMOO2 0.1051400 0.1758835 0.2948601
 0.2541164
 DOH 3.8200640E-04 7.0906114E-03 4.8581173E-04 4.7320579E-04 8.6499937E-03
 8.6499937E-03 4.8068477E-04 8.0844364E-04 7.8878150E-04 7.5227726E-04
 7.1506511E-04 8.3780172E-04 2.4835556E-04 0.0000000E+00 3.4838982E-04
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 DOB 3.8200646E-04 6.0450160E-03 4.8581173E-04 4.7320584E-04 8.6499937E-03
 8.6499937E-03 4.8068466E-04 6.9342360E-07 6.5942351E-07 6.0224664E-07
 5.3910065E-07 4.8118062E-07 1.6296231E-07 0.0000000E+00 6.8284408E-04
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 END RI F1O 2.9950352E-02 0.2948601 3.8088970E-02 3.7100635E-02

0. 2541164 0. 2541164 3. 5507381E-02 3. 5711870E-02 3. 2051202E-02
 2. 6657021E-02 2. 1093095E-02 2. 0005200E-02 4. 8577879E-03 0. 0000000E+00
 2. 0000000E-02 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00
 TK= 630.0000 PO= 105000.0 LAMK= 0.1000000 ALF= 4.444445
 FH= 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 FB= 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 F1= 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02
 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02 5.529565E-02 5.7041049E-02
 5.3539887E-02 4.6117671E-02 3.6637545E-02 3.6161032E-02 1.2458809E-02
 1.1969265E-02 1.1969265E-02 1.1969265E-02
 FMH= 1.0430337E-04 1.0268627E-03 1.3264647E-04 1.2920453E-04
 7.6409354E-04 7.6409354E-04 1.3124660E-04 2.1464445E-04 1.9264042E-04
 1.6021657E-04 1.2677240E-04 1.2021034E-04 2.9193638E-05 0.0000000E+00
 5.0138340E-05 0.0000000E+00 FMB= 7.5809898E-05 7.4634544E-04 9.6410251E-05
 9.3908595E-05 7.6409354E-04 7.6409354E-04 8.2285136E-05 1.1702809E-07
 1.0679511E-07 9.1506216E-08 7.5748517E-08 9.5491203E-08 1.9778975E-08
 0.0000000E+00 7.0193681E-05 0.0000000E+00 FHC= 1.0430337E-03 9.9999997E-06
 1.3264647E-03 1.2920453E-03 9.9999997E-06 9.9999997E-06 1.3124661E-03
 2.1464445E-03 1.9264042E-03 1.6021658E-03 1.2677240E-03 1.2021034E-03
 2.9193639E-04 9.9999997E-06 2.5069169E-04 0.0000000E+00 FBC= 7.5809896E-04
 9.9999997E-06 9.6410251E-04 9.3908596E-04 9.9999997E-06 9.9999997E-06
 8.2285138E-04 1.1702809E-06 1.0679511E-06 9.1506217E-07 7.5748517E-07
 9.5491203E-07 1.9778975E-07 9.9999997E-06 3.5096842E-04 0.0000000E+00
 R= 12.00000 5.000000 12.00000 12.00000 5.000000
 4.000000 8.000000 8.000000 8.000000 8.000000
 8.000000 8.000000 8.000000 3.000000 10.00000
 10.00000
 D L1, N1, BETA1, NU, N, M= 2.4000001E-04 1.055576 0.0000000E+00
 5.5760797E-06 16 4
 GAMMA= 5.688282
 DZ= 6.436803 KP%= 3.754453
 A1= 0.4621405 0.4766664 0.6449201 0.6631770 0.6809325
 0.8055822 0.1944178 0.1768510 0.1480993 0.1222492
 0.1006897 8.3543323E-02 6.7265473E-02 6.2958479E-02 1.2958478E-02
 5.1948690E-04 A2= 0.3353069 0.3252841 0.2065682 0.1932542
 0.1802427 5.5330228E-02 5.5330228E-02 4.3668978E-02 4.3652382E-02
 4.3637227E-02 4.3624215E-02 4.3613397E-02 4.3599751E-02 4.3596696E-02
 -6.4033079E-03 -2.4626117E-02 A3= 0.1268336 0.1513823 0.4383519
 0.4699227 0.5006897 0.7502520 0.7502520 0.7794802
 0.8082484 0.8341137 0.8556863 0.8728434 0.8891349
 0.8934450 0.8934450 0.9241068
 GO
 27.57902
 LCO, HK, H, ALO, FIF, IFR, T4, TWD= 2.1163387E-02 0.0000000E+00 4.5350119E-02
 2.0000000E-02 0.1500000 0 630.0000 1173.000
 LC= 2.1163387E-02 0.0000000E+00 2.1163387E-02 2.1163387E-02 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 2.1163387E-02 2.1163387E-02 2.1163387E-02 2.1163387E-02
 2.1163387E-02 2.1163387E-02 1.1111111E-02 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 I, EP, QM 1 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1906.488 0.5637050 4.444445 176235.1 0.4253860

0.4253860 5.917611 2.6044272E-02 4.5350119E-02
 Y(I) = 7.3950337E-03
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 4.4621170E-02 0.5637050 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 7.3950337E-03 2.6564756E-02
 Y(I) = 2.6564756E-02
 I, EP, QM 2 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
 1906.488 0.6728103 4.444445 210345.4 0.4253860
 0.4253860 5.136578 2.6044272E-02 4.5350119E-02
 Y(I) = 0.0000000E+00
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 4.4621170E-02 0.6728103 4.444445
 0.0000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 Y(I) = 0.0000000E+00
 I, EP, QM 3 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
 1764.973 1.948231 4.444445 312637.1 0.4784254
 0.4784254 2.262944 1.6315196E-02 4.5350119E-02
 Y(I) = 2.3920510E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 4.1762140E-02 1.948231 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 2.3920510E-02 0.0000000E+00
 Y(I) = 2.3920510E-02
 I, EP, QM 4 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
 2031.267 2.088546 4.444445 305793.2 0.3875064
 0.3875064 2.023483 3.6079090E-02 4.5350119E-02
 Y(I) = 3.3595897E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 5.4713570E-02 2.088546 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 3.3595897E-02 0.0000000E+00
 Y(I) = 3.3595897E-02
 I, EP, QM 5 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
 1956.660 2.225288 4.444445 295517.2 0.4092984
 0.4092984 1.952389 2.9930083E-02 4.5350119E-02
 Y(I) = 0.0000000E+00
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 4.6493836E-02 2.225288 4.444445
 0.0000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 Y(I) = 0.0000000E+00
 I, EP, QM 6 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
 1556.674 3.334453 4.444445 223959.3 0.5859668
 0.5859668 1.548042 5.8921236E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 0.0000000E+00
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.6749062E-02 3.334453 4.444445
 0.0000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 Y(I) = 0.0000000E+00
 I, EP, QM 7 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
 1556.674 3.334453 4.444445 223959.3 0.5859668
 0.5859668 1.979370 5.8921236E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 2.9638523E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 3.0233238E-02 3.334453 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 2.9638523E-02 0.0000000E+00
 Y(I) = 2.9638523E-02
 I, EP, QM 8 0.4344969 312637.1

TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, AB1, S, H						
1525.096	3.464356	4.444445	216803.6	0.6066388		
0.6066388	1.977604	4.7672535E-03	4.5350119E-02			
Y(I) = 2.8919671E-02						
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.8393801E-02 3.464356 4.444445						
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000						
Y(I), YC(I) 2.8919671E-02 0.000000E+00						
Y(I) = 2.8919671E-02						
I, EP, QM 9 0.4344969 312637.1						
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, AB1, S, H						
1496.055	3.592215	4.444445	209983.8	0.6269812		
0.6269812	1.840261	3.8437394E-03	4.5350119E-02			
Y(I) = 2.5766565E-02						
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.4397587E-02 3.592215 4.444445						
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000						
Y(I), YC(I) 2.5766565E-02 0.000000E+00						
Y(I) = 2.5766565E-02						
I, EP, QM 10 0.4344969 312637.1						
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, AB1, S, H						
1471.511	3.707172	4.444445	204035.6	0.6452676		
0.6452676	1.603100	3.1464971E-03	4.5350119E-02			
Y(I) = 2.1568602E-02						
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.9789370E-02 3.707172 4.444445						
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000						
Y(I), YC(I) 2.1568602E-02 0.000000E+00						
Y(I) = 2.1568602E-02						
I, EP, QM 11 0.4344969 312637.1						
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, AB1, S, H						
1452.084	3.803050	4.444445	199203.6	0.6605164		
0.6605164	1.313545	2.6485480E-03	4.5350119E-02			
Y(I) = 1.7258270E-02						
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.5435401E-02 3.803050 4.444445						
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000						
Y(I), YC(I) 1.7258270E-02 0.000000E+00						
Y(I) = 1.7258270E-02						
I, EP, QM 12 0.4344969 312637.1						
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, AB1, S, H						
1437.264	3.879304	4.444445	195442.4	0.6726428		
0.6726428	1.284639	2.3005567E-03	4.5350119E-02			
Y(I) = 1.6552689E-02						
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.4513342E-02 3.879304 4.444445						
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000						
Y(I), YC(I) 1.6552689E-02 0.000000E+00						
Y(I) = 1.6552689E-02						
I, EP, QM 13 0.4344969 312637.1						
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, AB1, S, H						
1423.678	3.951711	4.444445	191936.8	0.6841564		
0.6841564	0.5417446	2.0056143E-03	4.5350119E-02			
Y(I) = 4.4407961E-03						
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 7.2804140E-03 3.951711 4.444445						
1.1111111E-02 4.5350119E-02 1.400000						
Y(I), YC(I) 4.4407961E-03 0.000000E+00						
Y(I) = 4.4407961E-03						
I, EP, QM 14 0.4344969 312637.1						
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, AB1, S, H						
1420.161	3.970867	4.444445	191019.9	0.6872020		
0.6872020	0.5231389	1.9329692E-03	4.5350119E-02			
Y(I) = 0.000000E+00						
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.1653315E-03 3.970867 4.444445						
0.000000E+00 4.5350119E-02 1.400000						
Y(I), YC(I) 0.000000E+00 0.000000E+00						

Y(I) = 0.000000E+00
I, EP, QM 15 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
1420.161 3.970867 4.444445 191019.9 0.6872020
0.6872020 0.5231389 1.9329692E-03 4.5350119E-02
Y(I) = 0.000000E+00
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.5894018E-02 3.970867 4.444445
0.000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 0.000000E+00 0.000000E+00
Y(I) = 0.000000E+00
Y = 2.6564756E-02 0.000000E+00 2.3920510E-02 3.3595897E-02 0.000000E+00
0.000000E+00 2.9638523E-02 2.8919671E-02 2.5766565E-02 2.1568602E-02
1.7258270E-02 1.6552689E-02 4.4407961E-03 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1.000000 0.1206587 1.5383618E-02 1.1181138E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 0.1206587 1.5383618E-02 1.1181138E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1.000000 0.1206587 2.9235955E-02 2.1249309E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1.000000 0.1206587 4.8691299E-02 3.5389863E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 0.1206587 4.8691299E-02 3.5389863E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 0.1206587 4.8691299E-02 3.5389863E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1.000000 0.1040794 6.6908523E-02 4.6811163E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 0.1026113 8.4589310E-02 4.6811163E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 9.8466948E-02 0.1000822 4.6811163E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 9.2380382E-02 0.1126702 4.6811163E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 8.5429490E-02 0.1222980 4.6811163E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 0.1206587 0.1292438 4.6811163E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 7.3793851E-02 0.1314287 4.6811163E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 8.7949425E-02 0.1314287 4.6811163E-02
GOX 0.1782399
GOX 0.1782399
0.2656E-01 0.0000E+00 0.2392E-01 0.3360E-01 0.0000E+00 0.0000E+00 0.2964E
-01 0.2892E-01
0.2577E-01 0.2157E-01 0.1726E-01 0.1655E-01 0.4441E-02 0.0000E+00 0.0000E
+00 0.0000E+00
0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E
+00 0.0000E+00
0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
FIF, H, D, FOK, FK 0.1500000 0.8662689 0.4360000 0.5700000
1.0550400E-02
IO1, IO2, NPR 26 13 4
FIF 0.1500000
FOK 0.5700000
FK 1.0550400E-02
H, D 0.8662689 0.4360000
RI FMH 1.0430338E-04 1.0268627E-03 9.2875882E-05 1.3037691E-04
7.6409354E-04 7.6409354E-04 1.2298876E-04 1.9939865E-04 1.7734070E-04
1.4803023E-04 1.1784164E-04 1.1286813E-04 2.7796468E-05 0.000000E+00
5.0138340E-05 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00
RI FMB 7.5809905E-05 7.4634544E-04 6.7504137E-05 9.4760711E-05
7.6409354E-04 7.6409354E-04 7.7107878E-05 1.0871580E-07 9.8313315E-08
8.4546102E-08 7.0412241E-08 8.9658791E-08 1.8832377E-08 0.000000E+00
7.0193681E-05 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00
NPR, N2 4 14

FOK, FK, FMS1, FMS2 0.5700000 1.0550400E-02 5.6563097E-04 9.8384300E-04
 FMSO1, FMSO2, FMOO1, FMOO2 9.4056621E-02 0.1635995 0.3059434
 0.2664005
 DOH 3.8200643E-04 7.2226459E-03 3.4015375E-04 4.7749956E-04 8.8565983E-03
 8.8565983E-03 4.5044080E-04 7.5102143E-04 7.2613556E-04 6.9505785E-04
 6.6469080E-04 7.8663038E-04 2.3646958E-04 0.0000000E+00 3.4838982E-04
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 DOB 3.8200649E-04 6.1575798E-03 3.4015367E-04 4.7749968E-04 8.8565983E-03
 8.8565983E-03 4.5044071E-04 6.4417100E-07 6.0705133E-07 5.5643881E-07
 5.0112249E-07 4.5179110E-07 1.5516314E-07 0.0000000E+00 6.8284408E-04
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 END RI FIO 2.9950354E-02 0.3059434 2.6668984E-02 3.7437279E-02
 0.2664005 0.2664005 3.3273309E-02 3.3175323E-02 2.9505659E-02
 2.4629444E-02 1.9607147E-02 1.8783322E-02 4.6253004E-03 0.0000000E+00
 2.0000000E-02 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 TK= 630.0000 PO= 105000.0 LAMK= 0.1000000 ALF= 4.444445
 FH= 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02
 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02
 5.529565E-02 5.7041049E-02 3.6637545E-02 3.6161032E-02 1.2458809E-02
 1.1969265E-02 1.1969265E-02 1.1969265E-02 1.1969265E-02 1.1969265E-02
 FMH= 1.0430338E-04 1.0654610E-03 9.2875882E-05 1.3037691E-04
 8.0103002E-04 8.0103002E-04 1.2298876E-04 1.9939865E-04 1.7734070E-04
 1.4803023E-04 1.1784164E-04 1.1286813E-04 2.7796468E-05 0.0000000E+00
 5.0138340E-05 0.0000000E+00 FMB= 7.5809905E-05 7.7439944E-04 6.7504137E-05
 9.4760711E-05 8.0103002E-04 8.0103002E-04 7.7107878E-05 1.0871580E-07
 9.8313315E-08 8.4546102E-08 7.0412241E-08 8.9658791E-08 1.8832377E-08
 0.0000000E+00 7.0193681E-05 0.0000000E+00 FHC= 1.0430339E-03 9.9999997E-06
 9.2875882E-04 1.3037691E-03 9.9999997E-06 9.9999997E-06 1.2298876E-03
 1.9939865E-03 1.7734070E-03 1.4803023E-03 1.1784164E-03 1.1286812E-03
 2.7796469E-04 9.9999997E-06 2.5069169E-04 0.0000000E+00 FBC= 7.5809908E-04
 9.9999997E-06 6.7504140E-04 9.4760710E-04 9.9999997E-06 9.9999997E-06
 7.7107880E-04 1.0871580E-06 9.8313319E-07 8.4546105E-07 7.0412244E-07
 8.9658789E-07 1.8832378E-07 9.9999997E-06 3.5096842E-04 0.0000000E+00
 R= 12.00000 5.000000 12.00000 12.00000 12.00000
 4.000000 8.000000 8.000000 8.000000 8.000000
 8.000000 8.000000 8.000000 3.000000 10.00000
 10.00000
 D L1, N1, BETA1, NU, N, M= 2.4000001E-04 1.055576 0.0000000E+00
 5.5760797E-06 16 4
 GAMMAO= 5.688282
 DZ= 6.439922 KP%= 3.756272
 A1= 0.4621405 0.4766664 0.6512445 0.6640187 0.6819350
 0.8126123 0.1873877 0.1709144 0.1441882 0.1203785
 0.1004495 8.4503941E-02 6.9214277E-02 6.5109961E-02 1.5109961E-02
 2.6605164E-03 A2= 0.3353069 0.3252841 0.2021058 0.1927749
 0.1796430 4.8674390E-02 4.8674390E-02 3.7738875E-02 3.7723448E-02
 3.7709486E-02 3.7697457E-02 3.7687395E-02 3.7674572E-02 3.7671663E-02
 -1.2328342E-02 -3.0564612E-02 A3= 0.1268336 0.1513823 0.4491387

0. 4712438	0. 5022920	0. 7639378	0. 7639378	0. 7913467
0. 8180882	0. 8419120	0. 8618529	0. 8778085	0. 8931110
0. 8972182	0. 8972182	0. 9279040		
GO				
27. 57902				
LCO, HHK, H, ALO, FIF, IFR, T4, TWD-	2. 1163387E-02	0. 0000000E+00	4. 5350119E-02	
2. 0000000E-02	0. 1500000	0	630. 0000	1173. 000
LC=	2. 1163387E-02	0. 0000000E+00	2. 1163387E-02	2. 1163387E-02
0. 0000000E+00	2. 1163387E-02	2. 1163387E-02	2. 1163387E-02	2. 1163387E-02
2. 1163387E-02	2. 1163387E-02	1. 1111111E-02	0. 0000000E+00	0. 0000000E+00
0. 0000000E+00	0. 0000000E+00	0. 0000000E+00	0. 0000000E+00	0. 0000000E+00
0. 0000000E+00	0. 0000000E+00	0. 0000000E+00	0. 0000000E+00	0. 0000000E+00
0. 0000000E+00	0. 0000000E+00	0. 0000000E+00	0. 0000000E+00	0. 0000000E+00
I, EP, QM	1	0. 4344969	312637. 1	
TG, ALM, ALK, QL, TETA, W, TETA, E, AB1, S, H				
1906. 488	0. 5637050	4. 444445	176235. 1	0. 4253860
0. 4253860	5. 917611	2. 6044272E-02	4. 5350119E-02	
Y(I) =	7. 3950337E-03			
MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ	4. 4621170E-02	0. 5637050	4. 444445	
2. 1163387E-02	4. 5350119E-02	1. 400000		
Y (I), YC (I)	7. 3950337E-03	2. 6456045E-02		
Y (I) =	2. 6456045E-02			
I, EP, QM	2	0. 4344969	312637. 1	
TG, ALM, ALK, QL, TETA, W, TETA, E, AB1, S, H				
1906. 488	0. 6728103	4. 444445	210345. 5	0. 4253860
0. 4253860	5. 136578	2. 6044272E-02	4. 5350119E-02	
Y(I) =	0. 0000000E+00			
MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ	4. 4621170E-02	0. 6728103	4. 444445	
0. 0000000E+00	4. 5350119E-02	1. 400000		
Y (I), YC (I)	0. 0000000E+00	0. 0000000E+00		
Y (I) =	0. 0000000E+00			
I, EP, QM	3	0. 4344969	312637. 1	
TG, ALM, ALK, QL, TETA, W, TETA, E, AB1, S, H				
1749. 837	1. 996172	4. 444445	312637. 1	0. 4848919
0. 4848919	2. 227020	1. 5392478E-02	4. 5350119E-02	
Y(I) =	2. 3737844E-02			
MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ	4. 0447902E-02	1. 996172	4. 444445	
2. 1163387E-02	4. 5350119E-02	1. 400000		
Y (I), YC (I)	2. 3737844E-02	0. 0000000E+00		
Y (I) =	2. 3737844E-02			
I, EP, QM	4	0. 4344969	312637. 1	
TG, ALM, ALK, QL, TETA, W, TETA, E, AB1, S, H				
2027. 892	2. 094417	4. 444445	305344. 7	0. 3884420
0. 3884420	2. 020287	3. 5791934E-02	4. 5350119E-02	
Y(I) =	3. 3541936E-02			
MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ	5. 4472547E-02	2. 094417	4. 444445	
2. 1163387E-02	4. 5350119E-02	1. 400000		
Y (I), YC (I)	3. 3541936E-02	0. 0000000E+00		
Y (I) =	3. 3541936E-02			
I, EP, QM	5	0. 4344969	312637. 1	
TG, ALM, ALK, QL, TETA, W, TETA, E, AB1, S, H				
1952. 992	2. 232409	4. 444445	294991. 6	0. 4104333
0. 4104333	1. 948867	2. 9638901E-02	4. 5350119E-02	
Y(I) =	0. 0000000E+00			
MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ	4. 6358660E-02	2. 232409	4. 444445	
0. 0000000E+00	4. 5350119E-02	1. 400000		
Y (I), YC (I)	0. 0000000E+00	0. 0000000E+00		
Y (I) =	0. 0000000E+00			
I, EP, QM	6	0. 4344969	312637. 1	
TG, ALM, ALK, QL, TETA, W, TETA, E, AB1, S, H				
1541. 614	3. 395279	4. 444445	220579. 8	0. 5956469

0.5956469 1.531760 5.3400341E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 0.0000000E+00
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.6179238E-02 3.395279 4.444445
 0.0000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 Y(I) = 0.0000000E+00
 I, EP, QM 7 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1541.614 3.395279 4.444445 220579.8 0.5956469
 0.5956469 1.958552 5.3400341E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 2.8944898E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.8996741E-02 3.395279 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 2.8944898E-02 0.0000000E+00
 Y(I) = 2.8944898E-02
 I, EP, QM 8 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1512.883 3.517097 4.444445 213964.1 0.6150302
 0.6150302 1.960138 4.3658940E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 2.8302742E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.7371397E-02 3.517097 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 2.8302742E-02 0.0000000E+00
 Y(I) = 2.8302742E-02
 I, EP, QM 9 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1486.550 3.635948 4.444445 207700.8 0.6339383
 0.6339383 1.827184 3.5646870E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 2.5301117E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.3668723E-02 3.635948 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 2.5301117E-02 0.0000000E+00
 Y(I) = 2.5301117E-02
 I, EP, QM 10 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1464.383 3.741831 4.444445 202275.5 0.6507801
 0.6507801 1.594303 2.9582677E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 2.1269772E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.9334432E-02 3.741831 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 2.1269772E-02 0.0000000E+00
 Y(I) = 2.1269772E-02
 I, EP, QM 11 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1446.695 3.830458 4.444445 197843.5 0.6648752
 0.6648752 1.307965 2.5188210E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 1.7068215E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.5156195E-02 3.830458 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 1.7068215E-02 0.0000000E+00
 Y(I) = 1.7068215E-02
 I, EP, QM 12 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1433.074 3.901371 4.444445 194367.3 0.6761518
 0.6761518 1.280318 2.2071588E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 1.6400181E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.4298291E-02 3.901371 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 1.6400181E-02 0.0000000E+00
 Y(I) = 1.6400181E-02
 I, EP, QM 13 0.4344969 312637.1

TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
 1420.432 3.969382 4.444445 191090.8 0.6869658
 0.6869658 0.5403074 1.9385271E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 4.4098576E-03
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 7.1975063E-03 3.969382 4.444445
 1.111111E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 4.4098576E-03 0.000000E+00
 Y(I) = 4.4098576E-03
 I, EP, QM 14 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
 1417.107 3.987637 4.444445 190220.8 0.6898683
 0.6898683 0.5218273 1.8711371E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 0.000000E+00
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.1394412E-03 3.987637 4.444445
 0.000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 0.000000E+00 0.000000E+00
 Y(I) = 0.000000E+00
 I, EP, QM 15 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
 1417.107 3.987637 4.444445 190220.8 0.6898683
 0.6898683 0.5218273 1.8711371E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 0.000000E+00
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.5715223E-02 3.987637 4.444445
 0.000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 0.000000E+00 0.000000E+00
 Y(I) = 0.000000E+00
 Y = 2.6456045E-02 0.000000E+00 2.3737844E-02 3.3541936E-02 0.000000E+00
 0.000000E+00 2.8944898E-02 2.8302742E-02 2.5301117E-02 2.1269772E-02
 1.7068215E-02 1.6400181E-02 4.4098576E-03 0.000000E+00 0.000000E+00
 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1.000000 0.1206587 1.5320663E-02 1.1135381E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 0.1206587 1.5320663E-02 1.1135381E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1.000000 0.1206587 2.9067220E-02 2.1126667E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1.000000 0.1206587 4.8491314E-02 3.5244510E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 0.1206587 4.8491314E-02 3.5244510E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 0.1206587 4.8491314E-02 3.5244510E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1.000000 0.1040794 6.6282198E-02 4.6398520E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 0.1026113 8.3585814E-02 4.6398520E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 9.8466948E-02 9.8798804E-02 4.6398520E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 9.2380382E-02 0.1112124 4.6398520E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 8.5429490E-02 0.1207342 4.6398520E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 0.1206587 0.1276160 4.6398520E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 7.3793851E-02 0.1297857 4.6398520E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 8.7949425E-02 0.1297857 4.6398520E-02
 GOX 0.1761842
 GOX 0.1761842
 0.2646E-01 0.0000E+00 0.2374E-01 0.3354E-01 0.0000E+00 0.0000E+00 0.2894E
 -01 0.2830E-01
 0.2530E-01 0.2127E-01 0.1707E-01 0.1640E-01 0.4410E-02 0.0000E+00 0.0000E
 +00 0.0000E+00
 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E
 +00 0.0000E+00
 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
 FIF, H, D, FOK, FK 0.1500000 0.8662689 0.4360000 0.5700000
 1.0550400E-02
 IO1, IO2, NPR 26 13 4
 FIF 0.1500000
 FOK 0.5700000
 FK 1.0550400E-02

H, D 0.8662689 0.4360000
 RI FMI 1.0430337E-04 1.0654610E-03 9.2545299E-05 1.3069381E-04
 8.0103002E-04 8.0103002E-04 1.2051724E-04 1.9582447E-04 1.7476002E-04
 1.4651066E-04 1.1697038E-04 1.1224344E-04 2.7692931E-05 0.0000000E+00
 5.0138340E-05 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 RI FMB 7.5809890E-05 7.7439944E-04 6.7263863E-05 9.4991039E-05
 8.0103002E-04 8.0103002E-04 7.5558368E-05 1.0676710E-07 9.6882644E-08
 8.3678216E-08 6.9891648E-08 8.9162562E-08 1.8762229E-08 0.0000000E+00
 7.0193681E-05 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 NPR, N2 4 14
 FOK, FK, FMS1, FMS2 0.5700000 1.0550400E-02 5.6560728E-04 9.7054272E-04
 FMSO1, FMSO2, FMOO1, FMOO2 9.4052680E-02 0.1613879 0.3059473
 0.2686121
 DOH 3.8200640E-04 7.2226916E-03 3.3894301E-04 4.7866019E-04 8.8932849E-03
 8.8932849E-03 4.4138898E-04 7.3755952E-04 7.1556878E-04 6.8792287E-04
 6.5977644E-04 7.8227662E-04 2.3558878E-04 0.0000000E+00 3.4838982E-04
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 DOB 3.8200643E-04 6.1576189E-03 3.3894292E-04 4.7866031E-04 8.8932849E-03
 8.8932849E-03 4.4138893E-04 6.3262439E-07 5.9821747E-07 5.5072684E-07
 4.9741749E-07 4.4929058E-07 1.5458517E-07 0.0000000E+00 6.8284408E-04
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 END RI FIO 2.9950349E-02 0.3059473 2.6574058E-02 3.7528276E-02
 0.2686121 0.2686121 3.2604668E-02 3.2580659E-02 2.9076289E-02
 2.4376614E-02 1.9462181E-02 1.8679362E-02 4.6080723E-03 0.0000000E+00
 2.0000000E-02 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 RSI IOH- 0 30 0 0 13 0
 787 458 434 394 342 233
 635 0 0 0
 FH- 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02
 FB- 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03
 F1- 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02
 4.0840778E-02 5.5529565E-02 5.7041049E-02 5.3539887E-02 4.6117671E-02
 3.6637545E-02 3.6161032E-02 1.2458809E-02 1.1969265E-02 1.1969265E-02
 1.1969265E-02
 FMI- 1.0430337E-04 1.0654746E-03 9.2545299E-05 1.3069381E-04 8.0768013E-04
 8.0768013E-04 1.2051724E-04 1.9582447E-04 1.7476002E-04 1.4651066E-04
 1.1697038E-04 1.1224344E-04 2.7692931E-05 0.0000000E+00 5.0138340E-05
 0.0000000E+00
 FMB- 7.5809890E-05 7.7440933E-04 6.7263863E-05 9.4991039E-05 8.0768013E-04
 8.0768013E-04 7.5558368E-05 1.0676710E-07 9.6882644E-08 8.3678216E-08
 6.9891648E-08 8.9162562E-08 1.8762229E-08 0.0000000E+00 7.0193681E-05
 0.0000000E+00

DELH= 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
 0.000000E+00 0.000000E+00
 DELB= 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
 0.000000E+00 0.000000E+00
 R= 12.00000 5.000000 12.00000 12.00000 5.000000
 4.000000 8.000000 8.000000 8.000000 8.000000
 8.000000 8.000000 8.000000 3.000000 10.00000
 10.00000
 TK= 680.0000 PO= 113000.0 LAMK= 0.100000 ALF= 4.444445
 FH= 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 FB= 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 F1= 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02
 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02 5.529565E-02 5.7041049E-02
 5.3539887E-02 4.6117671E-02 3.6637545E-02 3.6161032E-02 1.2458809E-02
 1.1969265E-02 1.1969265E-02 1.1969265E-02
 FMH= 1.0430337E-04 1.0654746E-03 9.2545299E-05 1.3069381E-04
 8.0768013E-04 8.0768013E-04 1.2051724E-04 1.9582447E-04 1.7476002E-04
 1.4651066E-04 1.1697038E-04 1.1224344E-04 2.7692931E-05 0.000000E+00
 5.0138340E-05 0.000000E+00 FMB= 7.5809890E-05 7.7440933E-04 6.7263863E-05
 9.4991039E-05 8.0768013E-04 8.0768013E-04 7.5558368E-05 1.0676710E-07
 9.6882644E-08 8.3678216E-08 6.9891648E-08 8.9162562E-08 1.8762229E-08
 0.000000E+00 7.0193681E-05 0.000000E+00 FHC= 1.0430337E-03 9.9999997E-06
 9.2545297E-04 1.3069381E-03 9.9999997E-06 9.9999997E-06 1.2051725E-03
 1.9582447E-03 1.7476002E-03 1.4651066E-03 1.1697038E-03 1.1224344E-03
 2.7692932E-04 9.9999997E-06 2.5069169E-04 0.000000E+00 FBC= 7.5809890E-04
 9.9999997E-06 6.7263865E-04 9.4991038E-04 9.9999997E-06 9.9999997E-06
 7.5558369E-04 1.0676710E-06 9.6882650E-07 8.3678219E-07 6.9891649E-07
 8.9162563E-07 1.8762229E-07 9.9999997E-06 3.5096842E-04 0.000000E+00
 R= 12.00000 5.000000 12.00000 12.00000 5.000000
 4.000000 8.000000 8.000000 8.000000 8.000000
 8.000000 8.000000 8.000000 3.000000 10.00000
 10.00000
 D L1, N1, BETA1, NU, N, M= 2.400001E-04 1.055576 0.000000E+00
 5.5760797E-06 16 4
 GAMMA= 5.671552
 DZ= 6.434457 KP%= 3.753085
 A1= 0.4621405 0.4766664 0.6512442 0.6639687 0.6819223
 0.8136352 0.1863648 0.1702299 0.1439955 0.1205449
 0.1008331 8.5018501E-02 6.9826566E-02 6.5753601E-02 1.5753597E-02
 3.3563373E-03 A2= 0.3353069 0.3252841 0.2021061 0.1928116
 0.1796525 4.7645871E-02 4.7645871E-02 3.6933824E-02 3.6918681E-02
 3.6904927E-02 3.6893029E-02 3.6883049E-02 3.6870308E-02 3.6867417E-02
 -1.3132583E-02 -3.1299725E-02 A3= 0.1268336 0.1513823 0.4491381
 0.4711571 0.5022698 0.7659894 0.7659894 0.7928362
 0.8190858 0.8425501 0.8622738 0.8780984 0.8933032
 0.8973791 0.8973791 0.9279436
 DZ, KP, DZH, DZB, DPH, DPB = 6.434457 3.7530847E-02 0.2378598
 0.000000E+00 6.068852 5.689952
 A1= 0.4621405 0.4766664 0.6512442 0.6639687 0.6819223
 0.8136352 0.1863648 0.1702299 0.1439955 0.1205449
 0.1008331 8.5018501E-02 6.9826566E-02 6.5753601E-02 1.5753597E-02
 3.3563373E-03
 A2= 0.3353069 0.3252841 0.2021061 0.1928116 0.1796525

4. 7645871E-02 4. 7645871E-02 3. 6933824E-02 3. 6918681E-02 3. 6904927E-02
 3. 6893029E-02 3. 6883049E-02 3. 6870308E-02 3. 6867417E-02 -1. 3132583E-02
 -3. 1299725E-02
 A3= 0. 1268336 0. 1513823 0. 4491381 0. 4711571 0. 5022698
 0. 7659894 0. 7659894 0. 7928362 0. 8190858 0. 8425501
 0. 8622738 0. 8780984 0. 8933032 0. 8973791 0. 8973791
 0. 9279436
 B4= 0. 6469786 0. 6396219 0. 5334485 0. 5244257 0. 5114018
 0. 4051815 -1. 8726135E-02 -1. 5628580E-02 -1. 1181708E-02 -7. 8377556E-03
 -5. 4793893E-03 -3. 8954117E-03 -2. 6282296E-03 -2. 3349004E-03 -1. 2906485E-04
 -1. 1733167E-05
 B5= 0. 2680794 0. 2903959 0. 5093251 0. 5216919 0. 5382121
 0. 6393286 0. 6393286 0. 6423792 0. 6423909 0. 6423909
 0. 6423909 0. 6423909 0. 6424026 0. 6424026 0. 6463919
 0. 6436816
 B6= -5. 421873 -5. 422976 -5. 484657 -5. 488459 -5. 494044
 -5. 583498 -5. 544684 -5. 545482 -5. 555139 -5. 578171
 -5. 628494 -5. 637717 -6. 653551 -6. 765110 -6. 765110
 -6. 754198
 T1= 1708. 779 1762. 298 1790. 182 1745. 556 1688. 276
 1372. 700 1372. 700 1351. 324 1331. 665 1315. 044
 1301. 716 1291. 421 1281. 847 1279. 331 1279. 331
 1261. 118
 ALF1= 0. 5637050 0. 6728103 1. 996169 2. 094032 2. 232310
 3. 404397 3. 404397 3. 523717 3. 640381 3. 744668
 3. 832328 3. 902660 3. 970237 3. 988352 3. 988352
 4. 124194
 WH= 16. 32136 16. 83437 22. 99991 23. 44930 24. 08337
 28. 73506 6. 581824 6. 011990 5. 085473 4. 257270
 3. 561110 3. 002589 2. 466057 2. 322212 0. 5563680
 0. 1185354
 WB= 29. 60499 28. 72005 17. 84440 17. 02376 15. 86191
 4. 206759 4. 206759 3. 260969 3. 259632 3. 258418
 3. 257367 3. 256486 3. 255361 3. 255106 -1. 159505
 -2. 763522
 W1= 4. 579335 5. 538299 15. 67550 16. 01209 16. 47724
 20. 22378 14. 88647 14. 74891 15. 98784 18. 84481
 24. 02057 24. 58019 72. 01993 75. 15400 75. 15400
 76. 56826
 TK= 630. 0000 PO= 113000. 0 LAMK= 0. 1000000 ALF= 4. 444445
 FH= 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02
 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02
 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02
 1. 4325239E-02 FB= 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03
 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03
 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03
 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 F1= 4. 0840778E-02 4. 0840778E-02 4. 0840778E-02
 4. 0840778E-02 4. 0840778E-02 4. 0840778E-02 5. 529565E-02 5. 7041049E-02
 5. 3539887E-02 4. 6117671E-02 3. 6637545E-02 3. 6161032E-02 1. 2458809E-02
 1. 1969265E-02 1. 1969265E-02 1. 1969265E-02
 PMH= 1. 0430337E-04 1. 0654746E-03 9. 2545299E-05 1. 3069381E-04
 8. 0768013E-04 8. 0768013E-04 1. 2051724E-04 1. 9582447E-04 1. 7476002E-04
 1. 4651066E-04 1. 1697038E-04 1. 1224344E-04 2. 7692931E-05 0. 0000000E+00
 5. 0138340E-05 0. 0000000E+00 FMB= 7. 5809890E-05 7. 7440933E-04 6. 7263863E-05
 9. 4991039E-05 8. 0768013E-04 8. 0768013E-04 7. 5558368E-05 1. 0676710E-07
 9. 6882644E-08 8. 3678216E-08 6. 9891648E-08 8. 9162562E-08 1. 8762229E-08
 0. 0000000E+00 7. 0193681E-05 0. 0000000E+00 FHC= 1. 0430337E-03 9. 9999997E-06
 9. 2545297E-04 1. 3069381E-03 9. 9999997E-06 9. 9999997E-06 1. 2051725E-03
 1. 9582447E-03 1. 7476002E-03 1. 4651066E-03 1. 1697038E-03 1. 1224344E-03
 2. 7692932E-04 9. 9999997E-06 2. 5069169E-04 0. 0000000E+00 FBC= 7. 5809890E-04
 9. 9999997E-06 6. 7263865E-04 9. 4991038E-04 9. 9999997E-06 9. 9999997E-06

7.5558369E-04 1.0676710E-06 9.6882650E-07 8.3678219E-07 6.9891649E-07
 8.9162563E-07 1.8762229E-07 9.9999997E-06 3.5096842E-04 0.0000000E+00
 R= 12.00000 5.000000 12.00000 12.00000 5.000000
 4.000000 8.000000 8.000000 8.000000 8.000000
 8.000000 8.000000 8.000000 3.000000 10.00000
 10.00000
 D L1, N1, BETAI, NU, N, M= 2.4000001E-04 1.055576 0.0000000E+00
 5.8920832E-06 16 4
 GAMMAO= 6.121675
 DZ= 6.439761 KP%= 3.756178
 A1= 0.4621405 0.4766664 0.6512465 0.6639753 0.6819353
 0.8136972 0.1863029 0.1701598 0.1439120 0.1204485
 0.1007242 8.4896564E-02 6.9691651E-02 6.5602452E-02 1.5602447E-02
 3.1523851E-03 A2= 0.3353069 0.3252841 0.2021043 0.1928067
 0.1796430 4.7587238E-02 4.7587238E-02 3.6870349E-02 3.6855198E-02
 3.6841441E-02 3.6829531E-02 3.6819547E-02 3.6806796E-02 3.6803894E-02
 -1.3196107E-02 -3.1433858E-02 A3= 0.1268336 0.1513823 0.4491422
 0.4711686 0.5022923 0.7661099 0.7661099 0.7929699
 0.8192329 0.8427101 0.8624463 0.8782839 0.8935015
 0.8975937 0.8975937 0.9282814
 TB 300.0000
 0.1668E+07 0.7841E+04
 0.1894E+07 0.8446E+04
 HKPH
 0.1695E-01
 1 N 16
 TK, PST, RB, GA, NS, LKB, RPF, POSB, NV 350.0000 0.1100000 20.40000
 0.0000000E+00 3 9.070024 9.667742 -1.8961528E+07
 3
 0.1871E+07 0.8346E+04
 QBK, POSB, DL, LKB, E, R, RPF, PMB(1), PST, SDL
 0.8251E+01 0.8361E+04 0.9070E+01 0.9070E+01 0.1871E+07 0.2040E+02 0.9668E
 +01 0.1125E+06
 0.3000E+05 0.4173E+04
 HKPB, HKPB1
 1.3411907E-03 3.2999616E-02
 HKPB
 0.2000E+00
 HKPB 0.2000000
 HKPB 2.0000000E-02
 HKPB 2.0000000E-02
 TD, TKGT
 1.000000 1173.000
 0.1318E+07 0.6969E+03
 0.1318E+07 0.6969E+03
 0.1781E+07 0.1137E+07
 QB, R, ALB, SGD, HB1, HB(1), RLO, AK(1), AK(N-1)
 0.3789E+00 0.1207E+02 0.2000E+01 0.6969E+03 0.1312E-01 0.1308E-03 0.2116E
 +01 0.4459E-02
 0.0000E+00
 AK
 0.4459E-02 0.3500E-04 0.4064E-02 0.5344E-02 0.3500E-04 0.3500E-04 0.5003E
 -02 0.7690E-02
 0.7414E-02 0.7051E-02 0.6667E-02 0.7671E-02 0.2571E-02 0.3500E-04 0.3953E
 -02 0.0000E+00
 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E
 +00 0.0000E+00
 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
 IOH= 531 30 471 665 13 0
 613 458 434 394 342 233
 141 0 268

KOP IOH=	531	30	471	665	13	0
	613	458	434	394	342	233
	141	0	268			
IOB=	531	21	471	665	13	0
	613	0	0	0	0	0
	0	0	375			

I	HH	HB	HSH	HSB	DOH	DOB	AK	IOH	IOB
1	.0007	.0010	.0013	.0008	.0005	.0009	.0045	531	531
2	.0007	.0010	.0000	.0000	.0072	.0062	.0000	30	21
3	.0007	.0010	.0012	.0007	.0005	.0005	.0041	471	471
4	.0007	.0010	.0015	.0011	.0005	.0005	.0053	665	665
5	.0007	.0010	.0000	.0000	.0089	.0089	.0000	13	13
6	.0007	.0010	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	0	0
7	.0007	.0010	.0014	.0010	.0005	.0005	.0050	613	613
8	.0007	.0010	.0022	.0000	.0007	.0000	.0077	458	0
9	.0007	.0010	.0021	.0000	.0007	.0000	.0074	434	0
10	.0007	.0010	.0020	.0000	.0007	.0000	.0071	394	0
11	.0007	.0010	.0019	.0000	.0007	.0000	.0067	342	0
12	.0007	.0010	.0022	.0000	.0008	.0000	.0077	233	0
13	.0007	.0010	.0007	.0000	.0005	.0000	.0026	141	0
14	.0007	.0010	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	0	0
15	.0007	.0010	.0006	.0000	.0005	.0005	.0040	268	375

HKPH
0.0017
HKPB
0.0020

->

SSSQDCAL
OP XO, YO, HKO, HTO, DKO, DTO, LKO, LVO, HVO, FKO 13.60504 17.33338
0.8000000 2.500000 42.00000 15.00000 0.1667762
9.070024 4.535012
FKHO, FKBO, DHO, PHO, DBO, PBO, RV1, RV2, P 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
36.40000 1.599113 21.60299 2.398132 5.175443
1.657937 -3.000000
I2, IO1, IO2= 13 26 13
N, NV, NH, NB= 13 3 11 5
50 M1, M2= 1 3
60 M1, FIO1S= 1 3.0000001E-02
RS IOH, IOB 531 30 471 665 13
0 613 458 434 394 342
233 141 0 268 0 0
0 0 0 0 0 0

0	0	0	0	0	0
0	531	21	471	665	13
0	613	0	0	0	0
0	0	0	375	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0					
CHMK YGH	0.1660089	0.1660089	0.1660089	0.1660089	
0.1660089	0.1660089	0.1660089	0.1614260	0.1484890	
0.1294890	0.1077910	8.7237693E-02	7.1469031E-02	6.3277692E-02	
6.3277692E-02	6.3277692E-02	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
0.0000000E+00					
CHMK XB1, YB1	10.88403	8.767690	6.651351	6.651351	
5.969257	5.407962	5.066872	5.006394	4.535012	
4.343308	4.151603	4.251603	4.351603	4.0000000E+00	
0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
0.0000000E+00	15.06587	15.06587	15.06587	13.40794	
13.26113	12.84669	12.23804	11.54295	15.06587	
10.37938	11.79494	11.79494	11.79494	0.0000000E+00	
0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
0.0000000E+00					
CHMK XGB1, YGB1	0.1088403	9.8509245E-02	8.7676898E-02	6.6513509E-02	
6.6764161E-02	6.6513509E-02	6.6513509E-02	5.9692569E-02	5.4079618E-02	
5.0668716E-02	5.0063945E-02	4.5350123E-02	4.3433081E-02	4.1516032E-02	
4.2516030E-02	4.3516029E-02	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
0.0000000E+00	0.1206587	0.1206587	0.1206587	0.1206587	
0.1206587	0.1206587	0.1040794	0.1026113	9.8466948E-02	
9.2380382E-02	8.5429490E-02	0.1206587	7.3793851E-02	8.7949425E-02	
8.7949425E-02	8.7949425E-02	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	0.0000000E+00	
0.0000000E+00					
PR IOH, IOB	531	30	471	665	13
0	613	458	434	394	342
233	141	0	268	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	531	21	471	665	13
0	613	0	0	0	0
0	0	0	375	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0					
TK=	630.0000	PO= 105000.0	LAMK= 0.1000000	ALF= 4.444445	
FH=	1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02
1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02	
1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02	1.4325239E-02	
1.4325239E-02	FB= 5.7300953E-03	5.7300953E-03	5.7300953E-03	5.7300953E-03	5.7300953E-03
5.7300953E-03	5.7300953E-03	5.7300953E-03	5.7300953E-03	5.7300953E-03	
5.7300953E-03	5.7300953E-03	5.7300953E-03	5.7300953E-03	5.7300953E-03	
5.7300953E-03	5.7300953E-03	F1= 4.0840778E-02	4.0840778E-02	4.0840778E-02	4.0840778E-02
4.0840778E-02	4.0840778E-02	4.0840778E-02	5.529565E-02	5.7041049E-02	
5.3539887E-02	4.6117671E-02	3.6637545E-02	3.6161032E-02	1.2458809E-02	

1. 1969265E-02 1. 1969265E-02 1. 1969265E-02
 FMI= 1. 0452618E-04 1. 0801038E-03 1. 0452618E-04 1. 0452618E-04
 8. 8314223E-04 6. 0166002E-08 1. 1094252E-04 1. 1035211E-04 1. 0852936E-04
 1. 0534356E-04 1. 0069359E-04 7. 5740747E-05 8. 8804642E-05 0. 0000000E+00
 5. 0138337E-05 0. 0000000E+00 FMB= 7. 5971839E-05 7. 8504224E-04 7. 5971839E-05
 7. 5971839E-05 8. 8314223E-04 6. 0166002E-08 6. 9555492E-05 6. 0166002E-08
 6. 0166002E-08 6. 0166002E-08 6. 0166002E-08 6. 0166002E-08 6. 0166002E-08
 0. 0000000E+00 7. 0193673E-05 0. 0000000E+00 FHC= 1. 0452618E-04 9. 9999997E-06
 1. 0452618E-04 1. 0452618E-04 9. 9999997E-06 9. 9999997E-06 1. 1094252E-04
 1. 1035211E-04 1. 0852936E-04 1. 0534356E-04 1. 0069359E-04 7. 5740747E-05
 8. 8804642E-05 9. 9999997E-06 5. 0138337E-05 0. 0000000E+00 FBC= 7. 5971839E-05
 9. 9999997E-06 7. 5971839E-05 7. 5971839E-05 9. 9999997E-06 9. 9999997E-06
 6. 9555492E-05 6. 0166002E-08 6. 0166002E-08 6. 0166002E-08 6. 0166002E-08
 6. 0166002E-08 6. 0166002E-08 9. 9999997E-06 7. 0193673E-05 0. 0000000E+00
 R= 12. 00000 5. 000000 12. 00000 12. 00000 5. 000000
 4. 000000 8. 000000 8. 000000 8. 000000 8. 000000
 8. 000000 8. 000000 8. 000000 3. 000000 10. 00000
 10. 00000
 D L1, N1, BETA1, NU, N, M= 2. 4000001E-04 1. 055576 0. 0000000E+00
 5. 1813126E-06 16 4
 GAMMA= 5. 688282
 DZ= 6. 218872 KP%= 3. 627338
 A1= 0. 4976239 0. 5120598 0. 6875926 0. 7018097 0. 7159879
 0. 8583690 0. 1416310 0. 1269347 0. 1123260 9. 7951896E-02
 8. 3977342E-02 7. 0567071E-02 6. 0479347E-02 4. 7612086E-02 -2. 3879162E-03
 -1. 4606896E-02 A2= 0. 3716512 0. 3618237 0. 2389649 0. 2286444
 0. 2183074 7. 6141275E-02 7. 6141275E-02 6. 6398285E-02 6. 6389859E-02
 6. 6381432E-02 6. 6372991E-02 6. 6364527E-02 6. 6356063E-02 6. 6346928E-02
 1. 6346928E-02 -1. 5900651E-03 A3= 0. 1259727 0. 1502361 0. 4486277
 0. 4731653 0. 4976806 0. 7822278 0. 7822278 0. 8066671
 0. 8212842 0. 8356667 0. 8496497 0. 8630685 0. 8731647
 0. 8860411 0. 8860411 0. 9161971
 1 P4, T4, LAM4, ALF4 105000. 0 630. 0000 0. 1000000 4. 000000
 G0
 27. 57902
 LCO, HHK, H, ALO, FIF, IFR, T4, TWD= 2. 1163387E-02 0. 0000000E+00 4. 5350119E-02
 2. 0000000E-02 0. 1500000 0 630. 0000 1173. 000
 LC= 2. 1163387E-02 0. 0000000E+00 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02
 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 1. 1111111E-02 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 I, EP, QM 1 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1906. 488 0. 5598788 4. 444445 175038. 9 0. 4253860
 0. 4253860 5. 949942 2. 6044272E-02 4. 5350119E-02
 Y (I) = 7. 3448387E-03
 MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 4. 4621170E-02 0. 5598788 4. 444445
 2. 1163387E-02 4. 5350119E-02 1. 400000
 Y (I), YC (I) 7. 3448387E-03 5. 0000001E-02
 Y (I) = 5. 0000001E-02
 I, EP, QM 2 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1906. 488 0. 6677161 4. 444445 208752. 8 0. 4253860
 0. 4253860 5. 167904 2. 6044272E-02 4. 5350119E-02
 Y (I) = 0. 0000000E+00
 MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 4. 4621170E-02 0. 6677161 4. 444445
 0. 0000000E+00 4. 5350119E-02 1. 400000
 Y (I), YC (I) 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 Y (I) = 0. 0000000E+00

I, EP, QM	3	0.4344969	312637.1		
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, ABI, S, H					
1750.554	1.993901	4.444445	312637.1	0.4845816	
0.4845816	2.228683	1.5435637E-02	4.5350119E-02		
Y(I) =	2.2514924E-02				
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ	3.8407821E-02	1.993901	4.444445		
2.1163387E-02	4.5350119E-02	1.400000			
Y(I), YC(I)	2.2514924E-02	0.0000000E+00			
Y(I) =	2.2514924E-02				
I, EP, QM	4	0.4344969	312637.1		
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, ABI, S, H					
2023.011	2.102957	4.444445	304693.6	0.3898030	
0.3898030	2.015663	3.5378136E-02	4.5350119E-02		
Y(I) =	3.0230287E-02				
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ	4.8895020E-02	2.102957	4.444445		
2.1163387E-02	4.5350119E-02	1.400000			
Y(I), YC(I)	3.0230287E-02	0.0000000E+00			
Y(I) =	3.0230287E-02				
I, EP, QM	5	0.4344969	312637.1		
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, ABI, S, H					
1963.605	2.211914	4.444445	296506.8	0.4071669	
0.4071669	1.959049	3.0484309E-02	4.5350119E-02		
Y(I) =	0.0000000E+00				
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ	4.6749014E-02	2.211914	4.444445		
0.0000000E+00	4.5350119E-02	1.400000			
Y(I), YC(I)	0.0000000E+00	0.0000000E+00			
Y(I) =	0.0000000E+00				
I, EP, QM	6	0.4344969	312637.1		
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, ABI, S, H					
1522.239	3.476568	4.444445	216142.8	0.6085816	
0.6085816	1.510664	4.6716561E-03	4.5350119E-02		
Y(I) =	0.0000000E+00				
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ	1.5223749E-02	3.476568	4.444445		
0.0000000E+00	4.5350119E-02	1.400000			
Y(I), YC(I)	0.0000000E+00	0.0000000E+00			
Y(I) =	0.0000000E+00				
I, EP, QM	7	0.4344969	312637.1		
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, ABI, S, H					
1522.239	3.476568	4.444445	216142.8	0.6085816	
0.6085816	1.931577	4.6716561E-03	4.5350119E-02		
Y(I) =	2.8226903E-02				
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ	2.7616281E-02	3.476568	4.444445		
2.1163387E-02	4.5350119E-02	1.400000			
Y(I), YC(I)	2.8226903E-02	0.0000000E+00			
Y(I) =	2.8226903E-02				
I, EP, QM	8	0.4344969	312637.1		
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, ABI, S, H					
1497.602	3.585187	4.444445	210353.0	0.6258631	
0.6258631	1.938154	3.8902473E-03	4.5350119E-02		
Y(I) =	2.7680809E-02				
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ	2.6261507E-02	3.585187	4.444445		
2.1163387E-02	4.5350119E-02	1.400000			
Y(I), YC(I)	2.7680809E-02	0.0000000E+00			
Y(I) =	2.7680809E-02				
I, EP, QM	9	0.4344969	312637.1		
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, ABI, S, H					
1483.508	3.650152	4.444445	206964.6	0.6361976	
0.6361976	1.822986	3.4777932E-03	4.5350119E-02		
Y(I) =	2.7325900E-02				
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ	2.5463393E-02	3.650152	4.444445		
2.1163387E-02	4.5350119E-02	1.400000			

Y(I), YC(I) 2. 7325900E-02 0. 0000000E+00
Y(I) = 2. 7325900E-02
I, EP, QM 10 0. 4344969 312637. 1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1470. 082 3. 714074 4. 444445 203683. 8 0. 6463653
0. 6463653 1. 601338 3. 1082456E-03 4. 5350119E-02
Y(I) = 2. 6955817E-02
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2. 4686223E-02 3. 714074 4. 444445
2. 1163387E-02 4. 5350119E-02 1. 400000
Y(I), YC(I) 2. 6955817E-02 0. 0000000E+00
Y(I) = 2. 6955817E-02
I, EP, QM 11 0. 4344969 312637. 1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1457. 429 3. 776221 4. 444445 200544. 0 0. 6562494
0. 6562494 1. 319066 2. 7808154E-03 4. 5350119E-02
Y(I) = 2. 6576048E-02
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2. 3937881E-02 3. 776221 4. 444445
2. 1163387E-02 4. 5350119E-02 1. 400000
Y(I), YC(I) 2. 6576048E-02 0. 0000000E+00
Y(I) = 2. 6576048E-02
I, EP, QM 12 0. 4344969 312637. 1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1445. 641 3. 835860 4. 444445 197576. 5 0. 6657342
0. 6657342 1. 293256 2. 4938828E-03 4. 5350119E-02
Y(I) = 2. 6192911E-02
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2. 3225963E-02 3. 835860 4. 444445
2. 1163387E-02 4. 5350119E-02 1. 400000
Y(I), YC(I) 2. 6192911E-02 0. 0000000E+00
Y(I) = 2. 6192911E-02
I, EP, QM 13 0. 4344969 312637. 1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1436. 991 3. 880732 4. 444445 195372. 7 0. 6728702
0. 6728702 0. 5476145 2. 2944084E-03 4. 5350119E-02
Y(I) = 2. 9725678E-02
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 4. 9624767E-02 3. 880732 4. 444445
1. 1111111E-02 4. 5350119E-02 1. 400000
Y(I), YC(I) 2. 9725678E-02 0. 0000000E+00
Y(I) = 2. 9725678E-02
I, EP, QM 14 0. 4344969 312637. 1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1426. 223 3. 937960 4. 444445 192597. 6 0. 6819696
0. 6819696 0. 5257366 2. 0591235E-03 4. 5350119E-02
Y(I) = 0. 0000000E+00
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2. 2191519E-03 3. 937960 4. 444445
0. 0000000E+00 4. 5350119E-02 1. 400000
Y(I), YC(I) 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
Y(I) = 0. 0000000E+00
I, EP, QM 15 0. 4344969 312637. 1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H
1426. 223 3. 937960 4. 444445 192597. 6 0. 6819696
0. 6819696 0. 5257366 2. 0591235E-03 4. 5350119E-02
Y(I) = 0. 0000000E+00
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2. 2020305E-02 3. 937960 4. 444445
0. 0000000E+00 4. 5350119E-02 1. 400000
Y(I), YC(I) 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
Y(I) = 0. 0000000E+00
Y = 5. 0000001E-02 0. 0000000E+00 2. 2514924E-02 3. 0230287E-02 0. 0000000E+00
0. 0000000E+00 2. 8226903E-02 2. 7680809E-02 2. 7325900E-02 2. 6955817E-02
2. 6576048E-02 2. 6192911E-02 2. 9725678E-02 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00

0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 1.000000 0.1206587 2.8954938E-02 2.1045061E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 0.1206587 2.8954938E-02 2.1045061E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 1.000000 0.1206587 4.1993301E-02 3.0521620E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 1.000000 0.1206587 5.9499625E-02 4.3245584E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 0.1206587 5.9499625E-02 4.3245584E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 0.1206587 5.9499625E-02 4.3245584E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 1.000000 0.1040794 7.6849200E-02 5.4122914E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 0.1026113 9.3772575E-02 5.4122914E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 9.8466948E-02 0.1102030 5.4122914E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 9.2380382E-02 0.1259352 5.4122914E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 8.5429490E-02 0.1407610 5.4122914E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 0.1206587 0.1517521 5.4122914E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 7.3793851E-02 0.1663771 5.4122914E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 8.7949425E-02 0.1663771 5.4122914E-02
 GOX 0.2205000
 GOX 0.2205000
 0.5000E-01 0.0000E+00 0.2251E-01 0.3023E-01 0.0000E+00 0.0000E+00 0.2823E
 -01 0.2768E-01
 0.2733E-01 0.2696E-01 0.2658E-01 0.2619E-01 0.2973E-01 0.0000E+00 0.0000E
 +00 0.0000E+00
 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E
 +00 0.0000E+00
 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
 FIF, H, D, FOK, FK 0.1500000 0.8662689 0.4360000 0.5700000
 1.0550400E-02
 IO1, IO2, NPR 26 13 4
 FIF 0.1500000
 FOK 0.5700000
 FK 1.0550400E-02
 H, D 0.8662689 0.4360000
 RI FMH 1.9734778E-04 1.0801038E-03 8.7872388E-05 1.1809157E-04
 8.8314223E-04 6.0166002E-08 1.1739806E-04 1.9146400E-04 1.8891894E-04
 1.8605840E-04 1.8271305E-04 1.8002999E-04 1.8782877E-04 0.0000000E+00
 5.0138340E-05 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 RI FMB 1.4343654E-04 7.8504224E-04 6.3867505E-05 8.5831452E-05
 8.8314223E-04 6.0166002E-08 7.3602787E-05 1.0438969E-07 1.0473201E-07
 1.0626554E-07 1.0917393E-07 1.4301001E-07 1.2725582E-07 0.0000000E+00
 7.0193681E-05 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 NPR, N2 4 14
 FOK, FK, FMS1, FMS2 0.5700000 1.0550400E-02 6.9644721E-04 1.3087088E-03
 FMSO1, FMSO2, FMOO1, FMOO2 0.1158096 0.2176202 0.2841904
 0.2123798
 DOH 7.2277739E-04 6.9611417E-03 3.2182867E-04 4.3250507E-04 7.9078060E-03
 7.9078060E-03 4.2996512E-04 7.2113611E-04 7.7354361E-04 8.7361445E-04
 1.0306007E-03 1.2547126E-03 1.5978933E-03 0.0000000E+00 3.4838982E-04
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 DOB 7.2277745E-04 5.9346380E-03 3.2182864E-04 4.3250510E-04 7.9078060E-03
 7.9078060E-03 4.2996503E-04 6.1853763E-07 6.4668455E-07 6.9938488E-07
 7.7698866E-07 7.2062818E-07 1.0484821E-06 0.0000000E+00 6.8284408E-04
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00

END RI FIO 5.6667730E-02 0.2841904 2.5232250E-02 3.3909585E-02
 0.2123798 0.2123798 3.1760804E-02 3.1855181E-02 3.1432029E-02
 3.0956617E-02 3.0400811E-02 2.9960284E-02 3.1254493E-02 0.0000000E+00
 2.0000000E-02 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 TK= 630.0000 PO= 105000.0 LAMK= 0.1000000 ALF= 4.444445
 FH= 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 FB= 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 P1= 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02
 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02 5.529565E-02 5.7041049E-02
 5.3539887E-02 4.6117671E-02 3.6637545E-02 3.6161032E-02 1.2458809E-02
 1.1969265E-02 1.1969265E-02 1.1969265E-02
 FMH= 1.9734778E-04 9.8970532E-04 8.7872388E-05 1.1809157E-04
 6.3859706E-04 6.3859706E-04 1.1739806E-04 1.9146400E-04 1.8891894E-04
 1.8605840E-04 1.8271305E-04 1.8002999E-04 1.8782877E-04 0.0000000E+00
 5.0138340E-05 0.0000000E+00 FMB= 1.4343654E-04 7.1933866E-04 6.3867505E-05
 8.5831452E-05 6.3859706E-04 6.3859706E-04 7.3602787E-05 1.0438969E-07
 1.0473201E-07 1.0626554E-07 1.0917393E-07 1.4301001E-07 1.2725582E-07
 0.0000000E+00 7.0193681E-05 0.0000000E+00 FHC= 1.9734779E-03 9.999997E-06
 8.7872386E-04 1.1809157E-03 9.999997E-06 9.999997E-06 1.1739805E-03
 1.9146401E-03 1.8891895E-03 1.8605840E-03 1.8271304E-03 1.8003000E-03
 1.8782878E-03 9.999997E-06 2.5069169E-04 0.0000000E+00 FBC= 1.4343654E-03
 9.999997E-06 6.3867506E-04 8.5831451E-04 9.999997E-06 9.999997E-06
 7.3602790E-04 1.0438969E-06 1.0473201E-06 1.0626554E-06 1.0917393E-06
 1.4301002E-06 1.2725582E-06 9.999997E-06 3.5096842E-04 0.0000000E+00
 R= 12.00000 5.000000 12.00000 12.00000 5.000000
 4.000000 8.000000 8.000000 8.000000 8.000000
 8.000000 8.000000 8.000000 3.000000 10.00000
 10.00000
 D L1, N1, BETAI, NU, N, M= 2.4000001E-04 1.055576 0.0000000E+00
 5.5760797E-06 16 4
 GAMMA= 5.688282
 DZ= 6.468901 KP%= 3.773175
 A1= 0.4621405 0.4896320 0.6517282 0.6638141 0.6800423
 0.7842323 0.2157677 0.2000848 0.1744882 0.1491884
 0.1242029 9.9543408E-02 7.5207315E-02 4.7641184E-02 -2.3588198E-03
 -1.4812975E-02 A2= 0.3353069 0.3163204 0.2016904 0.1928611
 0.1809671 7.6570623E-02 7.6570623E-02 6.6164859E-02 6.6150084E-02
 6.6135257E-02 6.6120185E-02 6.6104636E-02 6.6084251E-02 6.6064715E-02
 1.6064711E-02 -2.1789274E-03 A3= 0.1268336 0.1733116 0.4500378
 0.4709530 0.4990752 0.7076617 0.7076617 0.7337504
 0.7593618 0.7846765 0.8096769 0.8343520 0.8587085
 0.8862942 0.8862942 0.9169919
 GO
 27.57902
 LCO, HHK, H, ALO, FIF, IFR, T4, TWD= 2.1163387E-02 0.0000000E+00 4.5350119E-02
 2.0000000E-02 0.1500000 0 630.0000 1173.000
 LC= 2.1163387E-02 0.0000000E+00 2.1163387E-02 2.1163387E-02 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 2.1163387E-02 2.1163387E-02 2.1163387E-02 2.1163387E-02
 2.1163387E-02 2.1163387E-02 1.1111111E-02 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 I, EP, QM 1 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H

1906.488 0.5637050 4.444445 176235.1 0.4253860
0.4253860 5.917611 2.6044272E-02 4.5350119E-02
Y(I) = 7.3950337E-03
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 4.4621170E-02 0.5637050 4.444445
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 7.3950337E-03 2.6788458E-02
Y(I) = 2.6788458E-02
I, EP, QM 2 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, AB1, S, H
1906.488 0.7702738 4.444445 240816.2 0.4253860
0.4253860 4.609691 2.6044272E-02 4.5350119E-02
Y(I) = 0.0000000E+00
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 4.4621170E-02 0.7702738 4.444445
0.0000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 0.0000000E+00 0.0000000E+00
Y(I) = 0.0000000E+00
I, EP, QM 3 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, AB1, S, H
2084.113 2.000168 4.444445 312623.9 0.3734236
0.3734236 2.073289 4.0678788E-02 4.5350119E-02
Y(I) = 3.4430172E-02
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 5.8549795E-02 2.000168 4.444445
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 3.4430172E-02 0.0000000E+00
Y(I) = 3.4430172E-02
I, EP, QM 4 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, AB1, S, H
2028.633 2.093125 4.444445 305443.3 0.3882362
0.3882362 2.020989 3.5854928E-02 4.5350119E-02
Y(I) = 3.3553813E-02
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 5.4525480E-02 2.093125 4.444445
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 3.3553813E-02 0.0000000E+00
Y(I) = 3.3553813E-02
I, EP, QM 5 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, AB1, S, H
1960.378 2.218112 4.444445 296047.7 0.4081547
0.4081547 1.955955 3.0226257E-02 4.5350119E-02
Y(I) = 0.0000000E+00
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 4.6630539E-02 2.218112 4.444445
0.0000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 0.0000000E+00 0.0000000E+00
Y(I) = 0.0000000E+00
I, EP, QM 6 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, AB1, S, H
1606.906 3.145163 4.444445 234811.2 0.5558366
0.5558366 1.601662 7.9373019E-03 4.5350119E-02
Y(I) = 0.0000000E+00
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.8706478E-02 3.145163 4.444445
0.0000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 0.0000000E+00 0.0000000E+00
Y(I) = 0.0000000E+00
I, EP, QM 7 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, AB1, S, H
1606.906 3.145163 4.444445 234811.2 0.5558366
0.5558366 2.047929 7.9373019E-03 4.5350119E-02
Y(I) = 3.1806372E-02
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 3.4397248E-02 3.145163 4.444445
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 3.1806372E-02 0.0000000E+00
Y(I) = 3.1806372E-02

I, EP, QM	8	0.4344969	312637.1		
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H					
1575.509	3.261113	4.444445	228103.0	0.5742939	
0.5742939	2.048780	6.6224704E-03	4.5350119E-02		
Y(I) =	3.1311166E-02				
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ	3.2657735E-02	3.261113	4.444445		
2.1163387E-02	4.5350119E-02	1.400000			
Y(I), YC(I)	3.1311166E-02	0.0000000E+00			
Y(I) =	3.1311166E-02				
I, EP, QM	9	0.4344969	312637.1		
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H					
1546.595	3.374941	4.444445	221704.0	0.5924101	
0.5924101	1.908906	5.5194814E-03	4.5350119E-02		
Y(I) =	2.8150035E-02				
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ	2.8370399E-02	3.374941	4.444445		
2.1163387E-02	4.5350119E-02	1.400000			
Y(I), YC(I)	2.8150035E-02	0.0000000E+00			
Y(I) =	2.8150035E-02				
I, EP, QM	10	0.4344969	312637.1		
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H					
1519.707	3.487451	4.444445	215555.6	0.6103134	
0.6103134	1.661842	4.5878189E-03	4.5350119E-02		
Y(I) =	2.3476936E-02				
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ	2.2897394E-02	3.487451	4.444445		
2.1163387E-02	4.5350119E-02	1.400000			
Y(I), YC(I)	2.3476936E-02	0.0000000E+00			
Y(I) =	2.3476936E-02				
I, EP, QM	11	0.4344969	312637.1		
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H					
1494.661	3.598564	4.444445	209650.8	0.6279914	
0.6279914	1.357147	3.8021198E-03	4.5350119E-02		
Y(I) =	1.8670153E-02				
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ	1.7647021E-02	3.598564	4.444445		
2.1163387E-02	4.5350119E-02	1.400000			
Y(I), YC(I)	1.8670153E-02	0.0000000E+00			
Y(I) =	1.8670153E-02				
I, EP, QM	12	0.4344969	312637.1		
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H					
1471.292	3.708231	4.444445	203981.5	0.6454359	
0.6454359	1.319429	3.1406058E-03	4.5350119E-02		
Y(I) =	1.7735604E-02				
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ	1.6267916E-02	3.708231	4.444445		
2.1163387E-02	4.5350119E-02	1.400000			
Y(I), YC(I)	1.7735604E-02	0.0000000E+00			
Y(I) =	1.7735604E-02				
I, EP, QM	13	0.4344969	312637.1		
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H					
1449.434	3.816482	4.444445	198535.8	0.6626527	
0.6626527	0.5530667	2.5842984E-03	4.5350119E-02		
Y(I) =	4.6756738E-03				
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ	7.9370905E-03	3.816482	4.444445		
1.1111111E-02	4.5350119E-02	1.400000			
Y(I), YC(I)	4.6756738E-03	0.0000000E+00			
Y(I) =	4.6756738E-03				
I, EP, QM	14	0.4344969	312637.1		
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H					
1426.014	3.939085	4.444445	192543.5	0.6821487	
0.6821487	0.5256473	2.0546995E-03	4.5350119E-02		
Y(I) =	0.0000000E+00				
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ	2.2149212E-03	3.939085	4.444445		
0.0000000E+00	4.5350119E-02	1.400000			

Y(1), YC(1) 0.000000E+00 0.000000E+00
Y(1) - 0.000000E+00
I, EP, QM 15 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
1426.014 3.939085 4.444445 192543.5 0.6821487
0.6821487 0.5256473 2.0546995E-03 4.5350119E-02
Y(1) = 0.000000E+00
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.6273221E-02 3.939085 4.444445
0.000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
Y(i), YC(i) 0.000000E+00 0.000000E+00
Y(1) = 0.000000E+00
Y = 2.6788458E-02 0.000000E+00 3.4430172E-02 3.3553813E-02 0.000000E+00
0.000000E+00 3.1806372E-02 3.1311166E-02 2.8150035E-02 2.3476936E-02
1.8670153E-02 1.7735604E-02 4.6756738E-03 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1.000000 0.1206587 1.5513164E-02 1.1275294E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 0.1206587 1.5513164E-02 1.1275294E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1.000000 0.1206587 3.5451636E-02 2.5766995E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1.000000 0.1206587 5.4882608E-02 3.9889835E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 0.1206587 5.4882608E-02 3.9889835E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 0.1206587 5.4882608E-02 3.9889835E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1.000000 0.1040794 7.4432291E-02 5.2146524E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 0.1026113 9.3575180E-02 5.2146524E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 9.8466948E-02 0.1105012 5.2146524E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 9.2380382E-02 0.1242029 5.2146524E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 8.5429490E-02 0.1346184 5.2146524E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 0.1206587 0.1420606 5.2146524E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 7.3793851E-02 0.1443610 5.2146524E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.000000E+00 8.7949425E-02 0.1443610 5.2146524E-02
GOX 0.1965076
GOX 0.1965076
0.2679E-01 0.0000E+00 0.3443E-01 0.3355E-01 0.0000E+00 0.0000E+00 0.3181E
-01 0.3131E-01
0.2815E-01 0.2348E-01 0.1867E-01 0.1774E-01 0.4676E-02 0.0000E+00 0.0000E
+00 0.0000E+00
0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E
+00 0.0000E+00
0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
FIF, H, D, FOK, FK 0.1500000 0.8662689 0.4360000 0.5700000
1.0550400E-02
IO1, IO2, NPR 26 13 4
FIF 0.1500000
FOK 0.5700000
FK 1.0550400E-02
H, D 0.8662689 0.4360000
RI FWH 1.0430337E-04 9.8970532E-04 1.3264647E-04 1.2920453E-04
6.3859706E-04 6.3859706E-04 1.3124660E-04 2.1464445E-04 1.9264042E-04
1.6021657E-04 1.2677240E-04 1.2021034E-04 2.9193638E-05 0.000000E+00
5.0138340E-05 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00
RI FMB 7.5809898E-05 7.1933866E-04 9.6410251E-05 9.3908595E-05
6.3859706E-04 6.3859706E-04 8.2285136E-05 1.1702809E-07 1.0679511E-07
9.1506216E-08 7.5748517E-08 9.5491203E-08 1.9778975E-08 0.000000E+00
7.0193681E-05 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
0.000000E+00

NPR, N2 4 14
 FOK, FK, FMS1, FMS2 0.5700000 1.0550400E-02 6.3228310E-04 1.0577159E-03
 FMSO1, FMSO2, FMOO1, FMOO2 0.1051400 0.1758835 0.2948601
 0.2541164
 DOH 3.8200640E-04 7.0906114E-03 4.8581173E-04 4.7320579E-04 8.6499937E-03
 8.6499937E-03 4.8068477E-04 8.0844364E-04 7.8878150E-04 7.5227726E-04
 7.1506511E-04 8.3780172E-04 2.4835556E-04 0.0000000E+00 3.4838982E-04
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 DOB 3.8200646E-04 6.0450160E-03 4.8581173E-04 4.7320584E-04 8.6499937E-03
 8.6499937E-03 4.8068466E-04 6.9342360E-07 6.5942351E-07 6.0224664E-07
 5.3910065E-07 4.8118062E-07 1.6296231E-07 0.0000000E+00 6.8284408E-04
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 END RI FIO 2.9950352E-02 0.2948601 3.8088970E-02 3.7100635E-02
 0.2541164 0.2541164 3.5507381E-02 3.5711870E-02 3.2051202E-02
 2.6657021E-02 2.1093095E-02 2.0005200E-02 4.8577879E-03 0.0000000E+00
 2.0000000E-02 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 TK= 630.0000 PO= 105000.0 LAMK= 0.100000 ALF= 4.444445
 FH= 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 FB= 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 F1= 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02
 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02 5.529565E-02 5.7041049E-02
 5.3539887E-02 4.6117671E-02 3.6637545E-02 3.6161032E-02 1.2458809E-02
 1.1969265E-02 1.1969265E-02 1.1969265E-02
 FMH= 1.0430337E-04 1.0268627E-03 1.3264647E-04 1.2920453E-04
 7.6409354E-04 7.6409354E-04 1.3124660E-04 2.1464445E-04 1.9264042E-04
 1.6021657E-04 1.2677240E-04 1.2021034E-04 2.9193638E-05 0.0000000E+00
 5.0138340E-05 0.0000000E+00 FMB= 7.5809898E-05 7.4634544E-04 9.6410251E-05
 9.3908595E-05 7.6409354E-04 7.6409354E-04 8.2285136E-05 1.1702809E-07
 1.0679511E-07 9.1506216E-08 7.5748517E-08 9.5491203E-08 1.9778975E-08
 0.0000000E+00 7.0193681E-05 0.0000000E+00 FHC= 1.0430337E-03 9.999997E-06
 1.3264647E-03 1.2920453E-03 9.999997E-06 9.999997E-06 1.3124661E-03
 2.1464445E-03 1.9264042E-03 1.6021658E-03 1.2677240E-03 1.2021034E-03
 2.9193639E-04 9.999997E-06 2.5069169E-04 0.0000000E+00 FBC= 7.5809896E-04
 9.999997E-06 9.6410251E-04 9.3908596E-04 9.999997E-06 9.999997E-06
 8.2285138E-04 1.1702809E-06 1.0679511E-06 9.1506217E-07 7.5748517E-07
 9.5491203E-07 1.9778975E-07 9.999997E-06 3.5096842E-04 0.0000000E+00
 R= 12.00000 5.000000 12.00000 12.00000 5.000000
 4.000000 8.000000 8.000000 8.000000 8.000000
 8.000000 8.000000 8.000000 3.000000 10.00000
 10.00000
 D LI, N1, BETAI, NU, N, M= 2.4000001E-04 1.055576 0.0000000E+00
 5.5760797E-06 16 4
 GAMMAO= 5.688282
 DZ= 6.436803 KP%= 3.754453
 A1= 0.4621405 0.4766664 0.6449201 0.6631770 0.6809325
 0.8055822 0.1944178 0.1768510 0.1480993 0.1222492
 0.1006897 8.3543323E-02 6.7265473E-02 6.2958479E-02 1.2958478E-02
 5.1948690E-04 A2= 0.3353069 0.3252841 0.2065682 0.1932542
 0.1802427 5.5330228E-02 5.5330228E-02 4.3668978E-02 4.3652382E-02
 4.3637227E-02 4.3624215E-02 4.3613397E-02 4.3599751E-02 4.3596696E-02

-6. 4033079E-03 -2. 4626117E-02 A3= 0. 1268336 0. 1513823 0. 4383519
 0. 4699227 0. 5006897 0. 7502520 0. 7502520 0. 7794802
 0. 8082484 0. 8341137 0. 8556863 0. 8728434 0. 8891349
 0. 8934450 0. 8934450 0. 9241068
 GO
 27. 57902
 LCO, HHK, H, ALO, FIF, IFR, T4, TWD= 2. 1163387E-02 0. 0000000E+00 4. 5350119E-02
 2. 0000000E-02 0. 1500000 0 630. 0000 1173. 000
 LC= 2. 1163387E-02 0. 0000000E+00 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02
 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 1. 1111111E-02 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 I, EP, QM 1 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, ABI, S, H
 1906. 488 0. 5637050 4. 444445 176235. 1 0. 4253860
 0. 4253860 5. 917611 2. 6044272E-02 4. 5350119E-02
 Y (I) = 7. 3950337E-03
 MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 4. 4621170E-02 0. 5637050 4. 444445
 2. 1163387E-02 4. 5350119E-02 1. 400000
 Y (I), YC (I) 7. 3950337E-03 2. 6564756E-02
 Y (I) = 2. 6564756E-02
 I, EP, QM 2 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, ABI, S, H
 1906. 488 0. 6728103 4. 444445 210345. 4 0. 4253860
 0. 4253860 5. 136578 2. 6044272E-02 4. 5350119E-02
 Y (I) = 0. 0000000E+00
 MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 4. 4621170E-02 0. 6728103 4. 444445
 0. 0000000E+00 4. 5350119E-02 1. 400000
 Y (I), YC (I) 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 Y (I) = 0. 0000000E+00
 I, EP, QM 3 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, ABI, S, H
 1764. 973 1. 948231 4. 444445 312637. 1 0. 4784254
 0. 4784254 2. 262944 1. 6315196E-02 4. 5350119E-02
 Y (I) = 2. 3920510E-02
 MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 4. 1762140E-02 1. 948231 4. 444445
 2. 1163387E-02 4. 5350119E-02 1. 400000
 Y (I), YC (I) 2. 3920510E-02 0. 0000000E+00
 Y (I) = 2. 3920510E-02
 I, EP, QM 4 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, ABI, S, H
 2031. 267 2. 088546 4. 444445 305793. 2 0. 3875064
 0. 3875064 2. 023483 3. 6079090E-02 4. 5350119E-02
 Y (I) = 3. 3595897E-02
 MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 5. 4713570E-02 2. 088546 4. 444445
 2. 1163387E-02 4. 5350119E-02 1. 400000
 Y (I), YC (I) 3. 3595897E-02 0. 0000000E+00
 Y (I) = 3. 3595897E-02
 I, EP, QM 5 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, ABI, S, H
 1956. 660 2. 225288 4. 444445 295517. 2 0. 4092984
 0. 4092984 1. 952389 2. 9930083E-02 4. 5350119E-02
 Y (I) = 0. 0000000E+00
 MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 4. 6493836E-02 2. 225288 4. 444445
 0. 0000000E+00 4. 5350119E-02 1. 400000
 Y (I), YC (I) 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 Y (I) = 0. 0000000E+00
 I, EP, QM 6 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, ABI, S, H

1556.674 3.334453 4.444445 223959.3 0.5859668
 0.5859668 1.548042 5.8921236E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 0.000000E+00
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.6749062E-02 3.334453 4.444445
 0.000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 0.000000E+00 0.000000E+00
 Y(I) = 0.000000E+00
 I, EP, QM 7 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
 1556.674 3.334453 4.444445 223959.3 0.5859668
 0.5859668 1.979370 5.8921236E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 2.9638523E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 3.0233238E-02 3.334453 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 2.9638523E-02 0.000000E+00
 Y(I) = 2.9638523E-02
 I, EP, QM 8 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
 1525.096 3.464356 4.444445 216803.6 0.6066388
 0.6066388 1.977604 4.7672535E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 2.8919671E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.8393801E-02 3.464356 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 2.8919671E-02 0.000000E+00
 Y(I) = 2.8919671E-02
 I, EP, QM 9 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
 1496.055 3.592215 4.444445 209983.8 0.6269812
 0.6269812 1.840261 3.8437394E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 2.5766565E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.4397587E-02 3.592215 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 2.5766565E-02 0.000000E+00
 Y(I) = 2.5766565E-02
 I, EP, QM 10 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
 1471.511 3.707172 4.444445 204035.6 0.6452676
 0.6452676 1.603100 3.1464971E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 2.1568602E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.9789370E-02 3.707172 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 2.1568602E-02 0.000000E+00
 Y(I) = 2.1568602E-02
 I, EP, QM 11 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
 1452.084 3.803050 4.444445 199203.6 0.6605164
 0.6605164 1.313545 2.6485480E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 1.7258270E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.5435401E-02 3.803050 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 1.7258270E-02 0.000000E+00
 Y(I) = 1.7258270E-02
 I, EP, QM 12 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
 1437.264 3.879304 4.444445 195442.4 0.6726428
 0.6726428 1.284639 2.3005567E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 1.6552689E-02
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.4513342E-02 3.879304 4.444445
 2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 1.6552689E-02 0.000000E+00
 Y(I) = 1.6552689E-02

I, EP, QM 13 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, AB1, S, H
 1423.678 3.951711 4.444445 191936.8 0.6841564
 0.6841564 0.5417446 2.0056143E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 4.4407961E-03
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 7.2804140E-03 3.951711 4.444445
 1.1111111E-02 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 4.4407961E-03 0.0000000E+00
 Y(I) = 4.4407961E-03
 I, EP, QM 14 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, AB1, S, H
 1420.161 3.970867 4.444445 191019.9 0.6872020
 0.6872020 0.5231389 1.9329692E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 0.0000000E+00
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.1653315E-03 3.970867 4.444445
 0.0000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 Y(I) = 0.0000000E+00
 I, EP, QM 15 0.4344969 312637.1
 TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, AB1, S, H
 1420.161 3.970867 4.444445 191019.9 0.6872020
 0.6872020 0.5231389 1.9329692E-03 4.5350119E-02
 Y(I) = 0.0000000E+00
 MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.5894018E-02 3.970867 4.444445
 0.0000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
 Y(I), YC(I) 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 Y(I) = 0.0000000E+00
 Y = 2.6564756E-02 0.0000000E+00 2.3920510E-02 3.3595897E-02 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 2.9638523E-02 2.8919671E-02 2.5766565E-02 2.1568602E-02
 1.7258270E-02 1.6552689E-02 4.4407961E-03 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1.000000 0.1206587 1.5383618E-02 1.1181138E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.0000000E+00 0.1206587 1.5383618E-02 1.1181138E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1.000000 0.1206587 2.9235955E-02 2.1249309E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1.000000 0.1206587 4.8691299E-02 3.5389863E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.0000000E+00 0.1206587 4.8691299E-02 3.5389863E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.0000000E+00 0.1206587 4.8691299E-02 3.5389863E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 1.000000 0.1040794 6.6908523E-02 4.6811163E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.0000000E+00 0.1026113 8.4589310E-02 4.6811163E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.0000000E+00 9.8466948E-02 0.1000822 4.6811163E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.0000000E+00 9.2380382E-02 0.1126702 4.6811163E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.0000000E+00 8.5429490E-02 0.1222980 4.6811163E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.0000000E+00 0.1206587 0.1292438 4.6811163E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.0000000E+00 7.3793851E-02 0.1314287 4.6811163E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB = 0.0000000E+00 8.7949425E-02 0.1314287 4.6811163E-02
 GOX 0.1782399
 GOX 0.1782399
 0.2656E-01 0.0000E+00 0.2392E-01 0.3360E-01 0.0000E+00 0.0000E+00 0.2964E
 -01 0.2892E-01
 0.2577E-01 0.2157E-01 0.1726E-01 0.1655E-01 0.4441E-02 0.0000E+00 0.0000E
 +00 0.0000E+00
 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E
 +00 0.0000E+00
 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
 FIF, H, D, FOK, FK 0.1500000 0.8662689 0.4360000 0.5700000
 1.0550400E-02
 IO1, IO2, NPR 26 13 4
 FIF 0.1500000
 FOK 0.5700000

FK 1.0550400E-02
 H, D 0.8662689 0.4360000
 RI FMH 1.0430338E-04 1.0268627E-03 9.2875882E-05 1.3037691E-04
 7.6409354E-04 7.6409354E-04 1.2298876E-04 1.9939865E-04 1.7734070E-04
 1.4803023E-04 1.1784164E-04 1.1286813E-04 2.7796468E-05 0.0000000E+00
 5.0138340E-05 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 RI FMB 7.5809905E-05 7.4634544E-04 6.7504137E-05 9.4760711E-05
 7.6409354E-04 7.6409354E-04 7.7107878E-05 1.0871580E-07 9.8313315E-08
 8.4546102E-08 7.0412241E-08 8.9658791E-08 1.8832377E-08 0.0000000E+00
 7.0193681E-05 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 NPR, N2 4 14
 FOK, FK, FMS1, FMS2 0.5700000 1.0550400E-02 5.6563097E-04 9.8384300E-04
 FMSO1, FMSO2, FMOO1, FMOO2 9.4056621E-02 0.1635995 0.3059434
 0.2664005
 DOH 3.8200643E-04 7.2226459E-03 3.4015375E-04 4.7749956E-04 8.8565983E-03
 8.8565983E-03 4.5044080E-04 7.5102143E-04 7.2613556E-04 6.9505785E-04
 6.6469808E-04 7.8663038E-04 2.3646958E-04 0.0000000E+00 3.4838982E-04
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 DOB 3.8200649E-04 6.1575798E-03 3.4015367E-04 4.7749968E-04 8.8565983E-03
 8.8565983E-03 4.5044071E-04 6.4417100E-07 6.0705133E-07 5.5643881E-07
 5.0112249E-07 4.5179110E-07 1.5516314E-07 0.0000000E+00 6.8284408E-04
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 END RI FIO 2.9950354E-02 0.3059434 2.6668984E-02 3.7437279E-02
 0.2664005 0.2664005 3.3273309E-02 3.3175323E-02 2.9505659E-02
 2.4629444E-02 1.9607147E-02 1.8783322E-02 4.6253004E-03 0.0000000E+00
 2.0000000E-02 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 TK= 630.0000 PO= 105000.0 LAMK= 0.1000000 ALF= 4.444445
 FH= 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03 5.7300953E-03
 4.0840778E-02 4.0840778E-02 4.0840778E-02 5.5529565E-02 5.7041049E-02
 5.3539887E-02 4.6117671E-02 3.6637545E-02 3.6161032E-02 1.2458809E-02
 1.1969265E-02 1.1969265E-02 1.1969265E-02
 FMH= 1.0430338E-04 1.0654610E-03 9.2875882E-05 1.3037691E-04
 8.0103002E-04 8.0103002E-04 1.2298876E-04 1.9939865E-04 1.7734070E-04
 1.4803023E-04 1.1784164E-04 1.1286813E-04 2.7796468E-05 0.0000000E+00
 5.0138340E-05 0.0000000E+00 FMB= 7.5809905E-05 7.7439944E-04 6.7504137E-05
 9.4760711E-05 8.0103002E-04 7.7107878E-05 1.0871580E-07
 9.8313315E-08 8.4546102E-08 7.0412241E-08 8.9658791E-08 1.8832377E-08
 0.0000000E+00 7.0193681E-05 0.0000000E+00 FHC= 1.0430339E-03 9.999997E-06
 9.2875882E-04 1.3037691E-03 9.999997E-06 9.999997E-06 1.2298876E-03
 1.9939865E-03 1.7734070E-03 1.4803023E-03 1.1784164E-03 1.1286812E-03
 2.7796469E-04 9.999997E-06 2.5069169E-04 0.0000000E+00 FBC= 7.5809908E-04
 9.999997E-06 6.7504140E-04 9.4760710E-04 9.999997E-06 9.999997E-06

7. 7107880E-04 1. 0871580E-06 9. 8313319E-07 8. 4546105E-07 7. 0412244E-07
 8. 9658789E-07 1. 8832378E-07 9. 9999997E-06 3. 5096842E-04 0. 0000000E+00
 R= 12. 00000 5. 000000 12. 00000 12. 00000 5. 000000
 4. 000000 8. 000000 8. 000000 8. 000000 8. 000000
 8. 000000 8. 000000 8. 000000 3. 000000 10. 00000
 10. 00000
 D LI, N1, BETA1, NU, N, M= 2. 4000001E-04 1. 055576 0. 0000000E+00
 5. 5760797E-06 16 4
 GAMMA= 5. 688282
 DZ= 6. 439922 KP%= 3. 756272
 A1= 0. 4621405 0. 4766664 0. 6512445 0. 6640187 0. 6819350
 0. 8126123 0. 1873877 0. 1709144 0. 1441882 0. 1203785
 0. 1004495 8. 4503941E-02 6. 9214277E-02 6. 5109961E-02 1. 5109961E-02
 2. 6605164E-03 A2= 0. 3353069 0. 3252841 0. 2021058 0. 1927749
 0. 1796430 4. 8674390E-02 4. 8674390E-02 3. 7738875E-02 3. 7723448E-02
 3. 7709486E-02 3. 7697457E-02 3. 7687395E-02 3. 7674572E-02 3. 7671663E-02
 -1. 2328342E-02 -3. 0564612E-02 A3= 0. 1268336 0. 1513823 0. 4491387
 0. 4712438 0. 5022920 0. 7639378 0. 7639378 0. 7913467
 0. 8180882 0. 8419120 0. 8618529 0. 8778085 0. 8931110
 0. 8972182 0. 8972182 0. 9279040
 GO
 27. 57902
 LCO, HHK, H, ALO, FIF, IFR, T4, TWD= 2. 1163387E-02 0. 0000000E+00 4. 5350119E-02
 2. 0000000E-02 0. 1500000 0 630. 0000 1173. 000
 LC= 2. 1163387E-02 0. 0000000E+00 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02
 2. 1163387E-02 2. 1163387E-02 1. 1111111E-02 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 I, EP, QM 1 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1906. 488 0. 5637050 4. 444445 176235. 1 0. 4253860
 0. 4253860 5. 917611 2. 6044272E-02 4. 5350119E-02
 Y(I) = 7. 3950337E-03
 MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 4. 4621170E-02 0. 5637050 4. 444445
 2. 1163387E-02 4. 5350119E-02 1. 400000
 Y (I), YC (I) 7. 3950337E-03 2. 6456045E-02
 Y (I) = 2. 6456045E-02
 I, EP, QM 2 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1906. 488 0. 6728103 4. 444445 210345. 5 0. 4253860
 0. 4253860 5. 136578 2. 6044272E-02 4. 5350119E-02
 Y (I) = 0. 0000000E+00
 MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 4. 4621170E-02 0. 6728103 4. 444445
 0. 0000000E+00 4. 5350119E-02 1. 400000
 Y (I), YC (I) 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 Y (I) = 0. 0000000E+00
 I, EP, QM 3 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 1749. 837 1. 996172 4. 444445 312637. 1 0. 4848919
 0. 4848919 2. 227020 1. 5392478E-02 4. 5350119E-02
 Y (I) = 2. 3737844E-02
 MNX (I), ALM (I), ALK, LC (I), H, AZ 4. 0447902E-02 1. 996172 4. 444445
 2. 1163387E-02 4. 5350119E-02 1. 400000
 Y (I), YC (I) 2. 3737844E-02 0. 0000000E+00
 Y (I) = 2. 3737844E-02
 I, EP, QM 4 0. 4344969 312637. 1
 TG, ALM, ALK, QL, TETA, TETA, AB1, S, H
 2027. 892 2. 094417 4. 444445 305344. 7 0. 3884420
 0. 3884420 2. 020287 3. 5791934E-02 4. 5350119E-02

Y(I) = 3.3541936E-02
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 5.4472547E-02 2.094417 4.444445
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 3.3541936E-02 0.0000000E+00
Y(I) = 3.3541936E-02
I, EP, QM 5 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
1952.992 2.232409 4.444445 294991.6 0.4104333
0.4104333 1.948867 2.9638901E-02 4.5350119E-02
Y(I) = 0.0000000E+00
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 4.6358660E-02 2.232409 4.444445
0.0000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 0.0000000E+00 0.0000000E+00
Y(I) = 0.0000000E+00
I, EP, QM 6 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
1541.614 3.395279 4.444445 220579.8 0.5956469
0.5956469 1.531760 5.3400341E-03 4.5350119E-02
Y(I) = 0.0000000E+00
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.6179238E-02 3.395279 4.444445
0.0000000E+00 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 0.0000000E+00 0.0000000E+00
Y(I) = 0.0000000E+00
I, EP, QM 7 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
1541.614 3.395279 4.444445 220579.8 0.5956469
0.5956469 1.958552 5.3400341E-03 4.5350119E-02
Y(I) = 2.8944898E-02
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.8996741E-02 3.395279 4.444445
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 2.8944898E-02 0.0000000E+00
Y(I) = 2.8944898E-02
I, EP, QM 8 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
1512.883 3.517097 4.444445 213964.1 0.6150302
0.6150302 1.960138 4.3658940E-03 4.5350119E-02
Y(I) = 2.8302742E-02
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.7371397E-02 3.517097 4.444445
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 2.8302742E-02 0.0000000E+00
Y(I) = 2.8302742E-02
I, EP, QM 9 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
1486.550 3.635948 4.444445 207700.8 0.6339383
0.6339383 1.827184 3.5646870E-03 4.5350119E-02
Y(I) = 2.5301117E-02
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 2.3668723E-02 3.635948 4.444445
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 2.5301117E-02 0.0000000E+00
Y(I) = 2.5301117E-02
I, EP, QM 10 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H
1464.383 3.741831 4.444445 202275.5 0.6507801
0.6507801 1.594303 2.9582677E-03 4.5350119E-02
Y(I) = 2.1269772E-02
MNX(I), ALM(I), ALK, LC(I), H, AZ 1.9334432E-02 3.741831 4.444445
2.1163387E-02 4.5350119E-02 1.400000
Y(I), YC(I) 2.1269772E-02 0.0000000E+00
Y(I) = 2.1269772E-02
I, EP, QM 11 0.4344969 312637.1
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETAE, ABI, S, H

1446.695	3.830458	4.444445	197843.5	0.6648752
0.6648752	1.307965	2.5188210E-03	4.5350119E-02	
Y(1) =	1.7068215E-02			
MX(1), ALM(1), ALK, LC(1), H, AZ	1.5156195E-02	3.830458	4.444445	
2.1163387E-02	4.5350119E-02	1.400000		
Y(1), YC(1)	1.7068215E-02	0.000000E+00		
Y(1) =	1.7068215E-02			
I, EP, QM	12	0.4344969	312637.1	
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H				
1433.074	3.901371	4.444445	194367.3	0.6761518
0.6761518	1.280318	2.2071588E-03	4.5350119E-02	
Y(1) =	1.6400181E-02			
MX(1), ALM(1), ALK, LC(1), H, AZ	1.4298291E-02	3.901371	4.444445	
2.1163387E-02	4.5350119E-02	1.400000		
Y(1), YC(1)	1.6400181E-02	0.000000E+00		
Y(1) =	1.6400181E-02			
I, EP, QM	13	0.4344969	312637.1	
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H				
1420.432	3.969382	4.444445	191090.8	0.6869658
0.6869658	0.5403074	1.9385271E-03	4.5350119E-02	
Y(1) =	4.4098576E-03			
MX(1), ALM(1), ALK, LC(1), H, AZ	7.1975063E-03	3.969382	4.444445	
1.1111111E-02	4.5350119E-02	1.400000		
Y(1), YC(1)	4.4098576E-03	0.000000E+00		
Y(1) =	4.4098576E-03			
I, EP, QM	14	0.4344969	312637.1	
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H				
1417.107	3.987637	4.444445	190220.8	0.6898683
0.6898683	0.5218273	1.8711371E-03	4.5350119E-02	
Y(1) =	0.000000E+00			
MX(1), ALM(1), ALK, LC(1), H, AZ	2.1394412E-03	3.987637	4.444445	
0.000000E+00	4.5350119E-02	1.400000		
Y(1), YC(1)	0.000000E+00	0.000000E+00		
Y(1) =	0.000000E+00			
I, EP, QM	15	0.4344969	312637.1	
TG, ALM, ALK, QL, TETAW, TETA, AB1, S, H				
1417.107	3.987637	4.444445	190220.8	0.6898683
0.6898683	0.5218273	1.8711371E-03	4.5350119E-02	
Y(1) =	0.000000E+00			
MX(1), ALM(1), ALK, LC(1), H, AZ	1.5715223E-02	3.987637	4.444445	
0.000000E+00	4.5350119E-02	1.400000		
Y(1), YC(1)	0.000000E+00	0.000000E+00		
Y(1) =	0.000000E+00			
Y =	2.6456045E-02	0.000000E+00	2.3737844E-02	3.3541936E-02
0.000000E+00	2.8944898E-02	2.8302742E-02	2.5301117E-02	2.1269772E-02
1.7068215E-02	1.6400181E-02	4.4098576E-03	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
QR, YGB1, GOXH, GOXB =	1.000000	0.1206587	1.5320663E-02	1.1135381E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB =	0.000000E+00	0.1206587	1.5320663E-02	1.1135381E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB =	1.000000	0.1206587	2.9067220E-02	2.1126667E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB =	1.000000	0.1206587	4.8491314E-02	3.5244510E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB =	0.000000E+00	0.1206587	4.8491314E-02	3.5244510E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB =	0.000000E+00	0.1206587	4.8491314E-02	3.5244510E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB =	1.000000	0.1040794	6.6282198E-02	4.6398520E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB =	0.000000E+00	0.1026113	8.3585814E-02	4.6398520E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB =	0.000000E+00	9.8466948E-02	9.8798804E-02	4.6398520E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB =	0.000000E+00	9.2380382E-02	0.1112124	4.6398520E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB =	0.000000E+00	8.5429490E-02	0.1207342	4.6398520E-02
QR, YGB1, GOXH, GOXB =	0.000000E+00	0.1206587	0.1276160	4.6398520E-02

QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 7.3793851E-02 0.1297857 4.6398520E-02
 QR, YGB1, GOXH, GOXB= 0.000000E+00 8.7949425E-02 0.1297857 4.6398520E-02
 GOX 0.1761842
 GOX 0.1761842
 0.2646E-01 0.0000E+00 0.2374E-01 0.3354E-01 0.0000E+00 0.0000E+00 0.2894E-01
 0.2830E-01
 0.2530E-01 0.2127E-01 0.1707E-01 0.1640E-01 0.4410E-02 0.0000E+00 0.0000E+00
 0.0000E+00
 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
 0.0000E+00
 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
 FIF, H, D, FOK, FK 0.1500000 0.8662689 0.4360000 0.5700000
 1.0550400E-02
 IO1, IO2, NPR 26 13 4
 FIF 0.1500000
 FOK 0.5700000
 FK 1.0550400E-02
 H, D 0.8662689 0.4360000
 RI FMH 1.0430337E-04 1.0654610E-03 9.2545299E-05 1.3069381E-04
 8.0103002E-04 8.0103002E-04 1.2051724E-04 1.9582447E-04 1.7476002E-04
 1.4651066E-04 1.1697038E-04 1.1224344E-04 2.7692931E-05 0.0000000E+00
 5.0138340E-05 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 RI FMB 7.5809890E-05 7.7439944E-04 6.7263863E-05 9.4991039E-05
 8.0103002E-04 8.0103002E-04 7.5558368E-05 1.0676710E-07 9.6882644E-08
 8.3678216E-08 6.9891648E-08 8.9162562E-08 1.8762229E-08 0.0000000E+00
 7.0193681E-05 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 NPR, N2 4 14
 FOK, FK, FMS1, FMS2 0.5700000 1.0550400E-02 5.6560728E-04 9.7054272E-04
 FMSO1, FMSO2, FMOO1, FMOO2 9.4052680E-02 0.1613879 0.3059473
 0.2686121
 DOH 3.8200640E-04 7.2226916E-03 3.3894301E-04 4.7866019E-04 8.8932849E-03
 8.8932849E-03 4.4138898E-04 7.3755952E-04 7.1556878E-04 6.8792287E-04
 6.5977644E-04 7.8227662E-04 2.3558878E-04 0.0000000E+00 3.4838982E-04
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 DOB 3.8200643E-04 6.1576189E-03 3.3894292E-04 4.7866031E-04 8.8932849E-03
 8.8932849E-03 4.4138893E-04 6.3262439E-07 5.9821747E-07 5.5072684E-07
 4.9741749E-07 4.4929058E-07 1.5458517E-07 0.0000000E+00 6.8284408E-04
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 END RI FIO 2.9950349E-02 0.3059473 2.6574058E-02 3.7528276E-02
 0.2686121 0.2686121 3.2604668E-02 3.2580659E-02 2.9076289E-02
 2.4376614E-02 1.9462181E-02 1.8679362E-02 4.6080723E-03 0.0000000E+00
 2.0000000E-02 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00 0.0000000E+00
 0.0000000E+00
 RSI IOH= 531 30 471 665 13 0
 787 458 434 394 342 233
 635 0 268 0
 FH= 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02
 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02 1.4325239E-02

1. 4325239E-02
 FB= 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03
 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03
 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03
 5. 7300953E-03
 F1= 4. 0840778E-02 4. 0840778E-02 4. 0840778E-02 4. 0840778E-02 4. 0840778E-02
 4. 0840778E-02 5. 5529565E-02 5. 7041049E-02 5. 3539887E-02 4. 6117671E-02
 3. 6637545E-02 3. 6161032E-02 1. 2458809E-02 1. 1969265E-02 1. 1969265E-02
 1. 1969265E-02
 FMI= 1. 0430337E-04 1. 0654746E-03 9. 2545299E-05 1. 3069381E-04 8. 0768013E-04
 8. 0768013E-04 1. 2051724E-04 1. 9582447E-04 1. 7476002E-04 1. 4651066E-04
 1. 1697038E-04 1. 1224344E-04 2. 7692931E-05 0. 0000000E+00 5. 0138340E-05
 0. 0000000E+00
 FMB= 7. 5809890E-05 7. 7440933E-04 6. 7263863E-05 9. 4991039E-05 8. 0768013E-04
 8. 0768013E-04 7. 5558368E-05 1. 0676710E-07 9. 6882644E-08 8. 3678216E-08
 6. 9891648E-08 8. 9162562E-08 1. 8762229E-08 0. 0000000E+00 7. 0193681E-05
 0. 0000000E+00
 DELH= 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 DELB= 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 0. 0000000E+00 0. 0000000E+00
 R= 12. 00000 5. 000000 12. 00000 12. 00000 5. 000000
 4. 000000 8. 000000 8. 000000 8. 000000 8. 000000
 8. 000000 8. 000000 8. 000000 3. 000000 10. 00000
 10. 00000
 TK= 680. 0000 PO= 113000. 0 LAMK= 0. 1000000 ALF= 4. 444445
 FH= 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02
 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02
 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02
 1. 4325239E-02 FB= 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03
 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03
 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03
 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 F1= 4. 0840778E-02 4. 0840778E-02 4. 0840778E-02
 4. 0840778E-02 4. 0840778E-02 4. 0840778E-02 5. 5529565E-02 5. 7041049E-02
 5. 3539887E-02 4. 6117671E-02 3. 6637545E-02 3. 6161032E-02 1. 2458809E-02
 1. 1969265E-02 1. 1969265E-02 1. 1969265E-02
 FMI= 1. 0430337E-04 1. 0654746E-03 9. 2545299E-05 1. 3069381E-04
 8. 0768013E-04 8. 0768013E-04 1. 2051724E-04 1. 9582447E-04 1. 7476002E-04
 1. 4651066E-04 1. 1697038E-04 1. 1224344E-04 2. 7692931E-05 0. 0000000E+00
 5. 0138340E-05 0. 0000000E+00 FMB= 7. 5809890E-05 7. 7440933E-04 6. 7263863E-05
 9. 4991039E-05 8. 0768013E-04 8. 0768013E-04 7. 5558368E-05 1. 0676710E-07
 9. 6882644E-08 8. 3678216E-08 6. 9891648E-08 8. 9162562E-08 1. 8762229E-08
 0. 0000000E+00 7. 0193681E-05 0. 0000000E+00 FHC= 1. 0430337E-03 9. 9999997E-06
 9. 2545297E-04 1. 3069381E-03 9. 9999997E-06 9. 9999997E-06 1. 2051725E-03
 1. 9582447E-03 1. 7476002E-03 1. 4651066E-03 1. 1697038E-03 1. 1224344E-03
 2. 7692932E-04 9. 9999997E-06 2. 5069169E-04 0. 0000000E+00 FBC= 7. 5809890E-04
 9. 9999997E-06 6. 7263865E-04 9. 4991038E-04 9. 9999997E-06 9. 9999997E-06
 7. 5558369E-04 1. 0676710E-06 9. 6882650E-07 8. 3678219E-07 6. 9891649E-07
 8. 9162563E-07 1. 8762229E-07 9. 9999997E-06 3. 5096842E-04 0. 0000000E+00
 R= 12. 00000 5. 000000 12. 00000 12. 00000 5. 000000
 4. 000000 8. 000000 8. 000000 8. 000000 8. 000000
 8. 000000 8. 000000 8. 000000 3. 000000 10. 00000
 10. 00000
 D L1, N1, BETA1, NU, N, M= 2. 4000001E-04 1. 055576 0. 0000000E+00
 5. 5760797E-06 16 4
 GAMMAO= 5. 671552
 DZ= 6. 434457 KP%= 3. 753085

A1= 0. 4621405 0. 4766664 0. 6512442 0. 6639687 0. 6819223
0. 8136352 0. 1863648 0. 1702299 0. 1439955 0. 1205449
0. 1008331 8. 5018501E-02 6. 9826566E-02 6. 5753601E-02 1. 5753597E-02
3. 3563373E-03 A2= 0. 3353069 0. 3252841 0. 2021061 0. 1928116
0. 1796525 4. 7645871E-02 4. 7645871E-02 3. 6933824E-02 3. 6918681E-02
3. 6904927E-02 3. 6893029E-02 3. 6883049E-02 3. 6870308E-02 3. 6867417E-02
-1. 3132583E-02 -3. 1299725E-02 A3= 0. 1268336 0. 1513823 0. 4491381
0. 4711571 0. 5022698 0. 7659894 0. 7659894 0. 7928362
0. 8190858 0. 8425501 0. 8622738 0. 8780984 0. 8933032
0. 8973791 0. 8973791 0. 9279436
DZ, KP, DZH, DZB, DPH, DPB = 6. 434457 3. 7530847E-02 0. 2378598
0. 0000000E+00 6. 068852 5. 689952
A1= 0. 4621405 0. 4766664 0. 6512442 0. 6639687 0. 6819223
0. 8136352 0. 1863648 0. 1702299 0. 1439955 0. 1205449
0. 1008331 8. 5018501E-02 6. 9826566E-02 6. 5753601E-02 1. 5753597E-02
3. 3563373E-03
A2= 0. 3353069 0. 3252841 0. 2021061 0. 1928116 0. 1796525
4. 7645871E-02 4. 7645871E-02 3. 6933824E-02 3. 6918681E-02 3. 6904927E-02
3. 6893029E-02 3. 6883049E-02 3. 6870308E-02 3. 6867417E-02 -1. 3132583E-02
-3. 1299725E-02
A3= 0. 1268336 0. 1513823 0. 4491381 0. 4711571 0. 5022698
0. 7659894 0. 7659894 0. 7928362 0. 8190858 0. 8425501
0. 8622738 0. 8780984 0. 8933032 0. 8973791 0. 8973791
0. 9279436
B4= 0. 6469786 0. 6396219 0. 5334485 0. 5244257 0. 5114018
0. 4051815 -1. 8726135E-02 -1. 5628580E-02 -1. 1181708E-02 -7. 8377556E-03
-5. 4793893E-03 -3. 8954117E-03 -2. 6282296E-03 -2. 3349004E-03 -1. 2906485E-04
-1. 1733167E-05
B5= 0. 2680794 0. 2903959 0. 5093251 0. 5216919 0. 5382121
0. 6393286 0. 6393286 0. 6423792 0. 6423909 0. 6423909
0. 6423909 0. 6423909 0. 6424026 0. 6424026 0. 6463919
0. 6436816
B6= -5. 421873 -5. 422976 -5. 484657 -5. 488459 -5. 494044
-5. 583498 -5. 544684 -5. 545482 -5. 555139 -5. 578171
-5. 628494 -5. 637717 -6. 653551 -6. 765110 -6. 765110
-6. 754198
T1= 1708. 779 1762. 298 1790. 182 1745. 556 1688. 276
1372. 700 1372. 700 1351. 324 1331. 665 1315. 044
1301. 716 1291. 421 1281. 847 1279. 331 1279. 331
1261. 118
ALF1= 0. 5637050 0. 6728103 1. 996169 2. 094032 2. 232310
3. 404397 3. 404397 3. 523717 3. 640381 3. 744668
3. 832328 3. 902660 3. 970237 3. 988352 3. 988352
4. 124194
WH= 16. 32136 16. 83437 22. 99991 23. 44930 24. 08337
28. 73506 6. 581824 6. 011990 5. 085473 4. 257270
3. 561110 3. 002589 2. 466057 2. 322212 0. 5563680
0. 1185354
WB= 29. 60499 28. 72005 17. 84440 17. 02376 15. 86191
4. 206759 4. 206759 3. 260969 3. 259632 3. 258418
3. 257367 3. 256486 3. 255361 3. 255106 -1. 159505
-2. 763522
W1= 4. 579335 5. 538299 15. 67550 16. 01209 16. 47724
20. 22378 14. 88647 14. 74891 15. 98784 18. 84481
24. 02057 24. 58019 72. 01993 75. 15400 75. 15400
76. 56826
TK= 630. 0000 PO= 113000. 0 LAMK= 0. 1000000 ALF= 4. 444445
PH= 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02
1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02
1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02 1. 4325239E-02
1. 4325239E-02 FB= 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03

5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03
 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03
 5. 7300953E-03 5. 7300953E-03 F1= 4. 0840778E-02 4. 0840778E-02 4. 0840778E-02
 4. 0840778E-02 4. 0840778E-02 4. 0840778E-02 5. 5529565E-02 5. 7041049E-02
 5. 3539887E-02 4. 6117671E-02 3. 6637545E-02 3. 6161032E-02 1. 2458809E-02
 1. 1969265E-02 1. 1969265E-02 1. 1969265E-02
 FMH= 1. 0430337E-04 1. 0654746E-03 9. 2545299E-05 1. 3069381E-04
 8. 0768013E-04 8. 0768013E-04 1. 2051724E-04 1. 9582447E-04 1. 7476002E-04
 1. 4651066E-04 1. 1697038E-04 1. 1224344E-04 2. 7692931E-05 0. 0000000E+00
 5. 0138340E-05 0. 0000000E+00 FMB= 7. 5809890E-05 7. 7440933E-04 6. 7263863E-05
 9. 4991039E-05 8. 0768013E-04 8. 0768013E-04 7. 5558368E-05 1. 0676710E-07
 9. 6882644E-08 8. 3678216E-08 6. 9891648E-08 8. 9162562E-08 1. 8762229E-08
 0. 0000000E+00 7. 1693681E-05 0. 0000000E+00 FHC= 1. 0430337E-03 9. 9999997E-06
 9. 2545297E-04 1. 3069381E-03 9. 9999997E-06 9. 9999997E-06 1. 2051725E-03
 1. 9582447E-03 1. 7476002E-03 1. 4651066E-03 1. 1697038E-03 1. 1224344E-03
 2. 7692932E-04 9. 9999997E-06 2. 5069169E-04 0. 0000000E+00 FBC= 7. 5809890E-04
 9. 9999997E-06 6. 7263865E-04 9. 4991038E-04 9. 9999997E-06 9. 9999997E-06
 7. 5558369E-04 1. 0676710E-06 9. 6882650E-07 8. 3678219E-07 6. 9891649E-07
 8. 9162563E-07 1. 8762229E-07 9. 9999997E-06 3. 5096842E-04 0. 0000000E+00
 R= 12. 00000 5. 000000 12. 00000 12. 00000 5. 000000
 4. 000000 8. 000000 8. 000000 8. 000000 8. 000000
 8. 000000 8. 000000 8. 000000 3. 000000 10. 00000
 10. 00000
 D L1, N1, BETA1, NU, N, M= 2. 4000001E-04 1. 055576 0. 0000000E+00
 5. 8920832E-06 16 4
 GAMMA= 6. 121675
 DZ= 6. 439761 KP%= 3. 756178
 A1= 0. 4621405 0. 4766664 0. 6512465 0. 6639753 0. 6819353
 0. 8136972 0. 1863029 0. 1701598 0. 1439120 0. 1204485
 0. 1007242 8. 4896564E-02 6. 9691651E-02 6. 5602452E-02 1. 5602447E-02
 3. 1523851E-03 A2= 0. 3353069 0. 3252841 0. 2021043 0. 1928067
 0. 1796430 4. 7587238E-02 4. 7587238E-02 3. 6870349E-02 3. 6855198E-02
 3. 6841441E-02 3. 6829531E-02 3. 6819547E-02 3. 6806796E-02 3. 6803894E-02
 -1. 3196107E-02 -3. 1433858E-02 A3= 0. 1268336 0. 1513823 0. 4491422
 0. 4711686 0. 5022923 0. 7661099 0. 7661099 0. 7929699
 0. 8192329 0. 8427101 0. 8624463 0. 8782839 0. 8935015
 0. 8975937 0. 8975937 0. 9282814
 TB 300. 0000
 0. 1668E+07 0. 7841E+04
 0. 1894E+07 0. 8446E+04
 HKPH
 0. 1695E-01
 I N 16
 TK, PST, RB, GA, NS, LKB, RPF, POSB, NV 350. 0000 0. 1100000 20. 40000
 C. 4000000 3 9. 070024 9. 667742 -1. 8961528E+07
 3
 0. 1871E+07 0. 8346E+04
 QBK, POSB, DL, LKB, E, R, RPF, PMB (1), PST, SDL
 0. 8251E+01 0. 8361E+04 0. 9070E+01 0. 9070E+01 0. 1871E+07 0. 2040E+02 0. 9668E
 +01 0. 1125E+06
 0. 3000E+05 0. 4173E+04
 HKPB, HKPB1
 1. 3411907E-03 3. 2999616E-02
 HKPB
 0. 2000E+00
 HKPB 0. 2000000
 HKPB 2. 0000000E-02
 HKPB 2. 0000000E-02
 TD, TKGT
 1. 000000 1173. 000
 0. 1318E+07 0. 6969E+03

```

0.1318E+07 0.6969E+03
0.1781E+07 0.1137E+07
QB, R, ALB, SGD, HB1, HB(1), RLO, AK(1), AK(N-1)
0.3789E+00 0.1207E+02 0.2000E+01 0.6969E+03 0.1312E-01 0.1308E-03 0.2116E
+01 0.4459E-02
0.0000E+00
AK
0.4459E-02 0.3500E-04 0.4064E-02 0.5344E-02 0.3500E-04 0.3500E-04 0.5003E
-02 0.7690E-02
0.7414E-02 0.7051E-02 0.6667E-02 0.7671E-02 0.2571E-02 0.3500E-04 0.3953E
-02 0.0000E+00
0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E
+00 0.0000E+00
0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00 0.0000E+00
IOH=      531      30      471      665      13      0
      613      458      434      394      342      233
      141      0      268
ROP IOH=      531      30      471      665      13      0
      613      458      434      394      342      233
      141      0      268
IOB=      531      21      471      665      13      0
      613      0      0      0      0      0
      0      0      375

```

I	HH	HB	HSH	HSB	DOH	DOB	AK	IOH	IOB
1	.0007	.0010	.0013	.0008	.0005	.0005	.0045	531	531
2	.0007	.0010	.0000	.0000	.0072	.0062	.0000	30	21
3	.0007	.0010	.0012	.0007	.0005	.0005	.0041	471	471
4	.0007	.0010	.0015	.0011	.0005	.0005	.0053	665	665
5	.0007	.0010	.0000	.0000	.0089	.0089	.0000	13	13
6	.0007	.0010	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	0	0
7	.0007	.0010	.0014	.0010	.0005	.0005	.0050	613	613
8	.0007	.0010	.0022	.0000	.0007	.0000	.0077	458	0
9	.0007	.0010	.0021	.0000	.0007	.0000	.0074	434	0
10	.0007	.0010	.0020	.0000	.0007	.0000	.0071	394	0
11	.0007	.0010	.0019	.0000	.0007	.0000	.0067	342	0
12	.0007	.0010	.0022	.0000	.0008	.0000	.0077	233	0
13	.0007	.0010	.0007	.0000	.0005	.0000	.0026	141	0
14	.0007	.0010	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	0	0
15	.0007	.0010	.0006	.0000	.0005	.0005	.0040	268	375

```

HKPH
0.0017
HKPB
0.0020

```

```

->
END

```