

12:00~13:00	2019년 4차 이사회 (호텔19층 심함)																																																					
11.14(목)	제 1 발표장 (그랜드볼룸A)	제 2 발표장 (무궁화)	제 3 발표장 (로즈룸)	제 4 발표장 (동백룸)	제 5 발표장 (그랜드볼룸B)																																																	
	SESSION 1 : 연소불안정 I 좌장: 신동혁	SESSION 2 : 석탄연소 I 좌장: 양원	SESSION 3 : 화재 좌장: 이상민	SESSION 4 : 연소응용I 좌장: 윤성환	2019 산업미세먼지 기술정책 포럼 주최/주관 : 산업부/한국생산기술연구원 산업미세먼지저감기술센터 <table><tr><th>구분</th><th>시간</th><th>행사내용</th><th>비고</th></tr><tr><td rowspan="5">1부 Prologue (60분)</td><td>13:30~14:00</td><td>• 등록</td><td>행사장 로비</td></tr><tr><td>14:00~14:05</td><td>• 개회선언, 개회사</td><td>산업미세먼지저감기술센터 (산업통상자원부)</td></tr><tr><td>14:05~14:10</td><td>• 센터소개 및 운영현황</td><td>산업미세먼지저감기술센터</td></tr><tr><td>14:10~14:30</td><td>• [초청강연①] - 대기 미세먼지 라이드 사이클 및 예측 모델링에 대한 고찰</td><td>이창언 교수 (인하대학교)</td></tr><tr><td>14:30~14:50</td><td>• [초청강연②] - 통합환경관리제도에서 미세먼지 저감을 위한 업종별 BAT-AEL 선정기준</td><td>배영정 박사 (서울대학교)</td></tr><tr><td rowspan="5">2부 산업계 현황 (80분)</td><td>-</td><td>• 포토타임</td><td>-</td></tr><tr><td>15:00~15:20</td><td>• [총괄발표] - 제20산업 미세먼지 저감 기술개발 현황(사업총괄)</td><td>김홍태 센터장 (산업미세먼지저감기술센터)</td></tr><tr><td>15:20~15:40</td><td>• [기술발표①] - 철강분야 미세먼지 저감기술 적용현황</td><td>차광식 책임 (현대제철)</td></tr><tr><td>15:40~16:00</td><td>• [기술발표②] - 발전분야 미세먼지 저감기술 적용현황</td><td>서주식 차장 (한국남부발전(주))</td></tr><tr><td>16:00~16:20</td><td>• [기술발표③] - 조선분야 미세먼지 저감기술 적용현황</td><td>김도은 책임 (한국조선해양)</td></tr><tr><td rowspan="2">3부 패널토의 (60분)</td><td>16:20~16:30</td><td>Coffee Break&네트워킹</td><td>-</td></tr><tr><td>16:30~17:30</td><td>• [패널토의] - 주제 : 미세먼지 정부정책방향과 산업계 대응기술 전략 - 좌장 : 김중민 박사(한국생산기술연구원) - 패널 : 이창언 교수(인하대), 배영정 박사(서울대), 차광식 책임(현대제철), 김도은 책임(조선해양), 김홍태 센터장(산업미세먼지저감기술센터)</td><td>총 6명</td></tr><tr><td>17:30~</td><td>• 폐회</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr></table>	구분	시간	행사내용	비고	1부 Prologue (60분)	13:30~14:00	• 등록	행사장 로비	14:00~14:05	• 개회선언, 개회사	산업미세먼지저감기술센터 (산업통상자원부)	14:05~14:10	• 센터소개 및 운영현황	산업미세먼지저감기술센터	14:10~14:30	• [초청강연①] - 대기 미세먼지 라이드 사이클 및 예측 모델링에 대한 고찰	이창언 교수 (인하대학교)	14:30~14:50	• [초청강연②] - 통합환경관리제도에서 미세먼지 저감을 위한 업종별 BAT-AEL 선정기준	배영정 박사 (서울대학교)	2부 산업계 현황 (80분)	-	• 포토타임	-	15:00~15:20	• [총괄발표] - 제20산업 미세먼지 저감 기술개발 현황(사업총괄)	김홍태 센터장 (산업미세먼지저감기술센터)	15:20~15:40	• [기술발표①] - 철강분야 미세먼지 저감기술 적용현황	차광식 책임 (현대제철)	15:40~16:00	• [기술발표②] - 발전분야 미세먼지 저감기술 적용현황	서주식 차장 (한국남부발전(주))	16:00~16:20	• [기술발표③] - 조선분야 미세먼지 저감기술 적용현황	김도은 책임 (한국조선해양)	3부 패널토의 (60분)	16:20~16:30	Coffee Break&네트워킹	-	16:30~17:30	• [패널토의] - 주제 : 미세먼지 정부정책방향과 산업계 대응기술 전략 - 좌장 : 김중민 박사(한국생산기술연구원) - 패널 : 이창언 교수(인하대), 배영정 박사(서울대), 차광식 책임(현대제철), 김도은 책임(조선해양), 김홍태 센터장(산업미세먼지저감기술센터)	총 6명	17:30~	• 폐회	-	-	-	-
구분	시간	행사내용	비고																																																			
1부 Prologue (60분)	13:30~14:00	• 등록	행사장 로비																																																			
	14:00~14:05	• 개회선언, 개회사	산업미세먼지저감기술센터 (산업통상자원부)																																																			
	14:05~14:10	• 센터소개 및 운영현황	산업미세먼지저감기술센터																																																			
	14:10~14:30	• [초청강연①] - 대기 미세먼지 라이드 사이클 및 예측 모델링에 대한 고찰	이창언 교수 (인하대학교)																																																			
	14:30~14:50	• [초청강연②] - 통합환경관리제도에서 미세먼지 저감을 위한 업종별 BAT-AEL 선정기준	배영정 박사 (서울대학교)																																																			
2부 산업계 현황 (80분)	-	• 포토타임	-																																																			
	15:00~15:20	• [총괄발표] - 제20산업 미세먼지 저감 기술개발 현황(사업총괄)	김홍태 센터장 (산업미세먼지저감기술센터)																																																			
	15:20~15:40	• [기술발표①] - 철강분야 미세먼지 저감기술 적용현황	차광식 책임 (현대제철)																																																			
	15:40~16:00	• [기술발표②] - 발전분야 미세먼지 저감기술 적용현황	서주식 차장 (한국남부발전(주))																																																			
	16:00~16:20	• [기술발표③] - 조선분야 미세먼지 저감기술 적용현황	김도은 책임 (한국조선해양)																																																			
3부 패널토의 (60분)	16:20~16:30	Coffee Break&네트워킹	-																																																			
	16:30~17:30	• [패널토의] - 주제 : 미세먼지 정부정책방향과 산업계 대응기술 전략 - 좌장 : 김중민 박사(한국생산기술연구원) - 패널 : 이창언 교수(인하대), 배영정 박사(서울대), 차광식 책임(현대제철), 김도은 책임(조선해양), 김홍태 센터장(산업미세먼지저감기술센터)	총 6명																																																			
17:30~	• 폐회	-	-	-	-																																																	
13:00 ~ 14:20 (80분)	음향적 커플링이 연소특성에 미치는 영향 황동현, 박수진, 안규복(충북대)	석탄가스화기 내 버너 이상거동에 따른 유동 및 반응특성에 대한 전산해석 연구 남준영, 김무경, 손근, 류창국(성균관대), 김봉근(두산중공업)	구리전선을 전파하는 화염에 대해 전기장 인가에 따라 발생하는 현상에 대한 연구 강민성(부경대), 박순호(부경대), 임인권(영지대), 이대근(한국에너지기술연구원), 김승곤(한국에너지기술연구원), 광영태(한국에너지기술연구원), 권오봉, 박정(부경대), 정석호(KAUST)	예혼합 연소합성법을 적용한 TiO ₂ nanoparticle 생성에 관한 연구 이호연, 차천록, 유창현, 황상순(인천대)																																																		
	환형연소기에서의 음향적 불안정성에 관하여 당량비 변화를 통한 대칭성 파괴의 효과 김재현, 이희도, 이기민(순천대)	595MW급 대항류 석탄화력 보일러의 공기다단공급에 따른 연소 및 NOx 발생 특성 해석 이지석, 조현민, 류창국(성균관대), 정계현(BHI)	원자력발전소용 케이블의 열화에 따른 연소생성물 독성 특성에 관한 실험적 연구 장은희, 김민호, 이석희, 이민철(인천대), 이상규, 문영섭(한국원자력안전기술원)	PNG 연료의 가스렌지 연료 호환성 리선혁, 박예슬, 당카이원(부산대), 이종성, 김동민(한국가스공사연구원), 최경민(부산대)																																																		
	마이크로믹서 타입 모형 가스터빈 연소기의 화염 응답 특성 이태승, 진옥화, 김해빈, 김규태(한국과학기술원)	Numerical Assessment on Blended Pulverized Coal Combustion by Large Eddy Simulation Seongyool Ahn, Hiroaki Watanabe, Toshiaki Kitagawa(Kyushu University)	원자력발전소용 안전등급 케이블의 열화기간에 따른 화재안전성 분석 김민호, 장은희, 이석희, 이민철(인천대), 이상규, 문영섭(한국원자력안전기술원)	예혼합 분전화염의 정점열림 현상에서 동축류 속도 효과 주용우(한국해양대), 박대근(한국생산기술연구원), 이창엽(한국생산기술연구원), 윤성환, 최재혁, 김중수(한국해양대)																																																		
	모델 가스터빈 연소기에서 크로스톡을 통한 음향 소산이 연소기 상호작용에 미치는 영향 문기훈, 김규태(한국과학기술원)	Two-Stage DTF에서 메탄가스 재연소를 이용한 NOx 저감에 관한 연구 김민우, 김강민, 김규보, 전충환(부산대)	비압축성 난류 예혼합 화염의 전파 특성에 대한 조건평균 연구 권재성, 김범수, 양정현(경상대), 허강열(포항공과대)	화염 동적 거동에 대한 방사형 전기장의 영향 김영민, 김희재(한국해양대), 박대근, 이창엽(한국생산기술연구원), 윤성환, 최재혁, 김중수(한국해양대)																																																		
	SESSION 5 : 연소불안정 II 좌장: 김대식	SESSION 6 : 석탄연소 II 좌장: 임호	Special Session : 김석준 박사님 퇴임기념 좌장: 송영훈	SESSION 7 : 연소응용II 좌장: 이종성																																																		
14:30 ~ 15:50 (80분)	연소기의 저주파 공진에 관한 분석 김선영, 윤영곤, 김대식(강릉원주대)	초본계 바이오매스 혼소시 첨가제 투입 영향에 관한 실험적 연구 임호, 이재욱, 채대영, 이용운, 양원(한국생산기술연구원)	플라즈마 연료개질을 활용한 대기오염 저감연구 송영훈, 이대훈, 김석준(한국기계연구원)	천연가스 열량저하에 따른 국내 기존 가스터빈 연소기 연료호환성 및 외국사례 검토 이종성, 김동민(한국가스공사)																																																		
	LDI 가스터빈 연소기에서 연료와 공기의 혼합에 따른 연소불안정 특성에 관한 연구 곽상혁(서울대), 주성필(인천대), 안영근, 최재홍(서울대), 이민철(인천대), 윤영빈(서울대)	0.1 MW 급 소산소 순환유동중 연소시스템에서 이산화탄소 포집 및 고효율 연소에 관한 연구 문지훈, 조성호, 문태영, 박성진, 김재영, 백건욱, Nguyen Hoang Khoi, 이재구(한국에너지기술연구원)	폐자원에너지 기술의 미래 방향 윤용승(고등기술연구원)	500MW급 석탄 보일러 Digital Twin 구축을 위한 ROM 인자의 영향 연구 이우진, 장원우, 한우주, 허강열(포항공과대)																																																		
	FilterBank를 이용한 연소 불안정 평가 기법에 관한 연구 최종운, 주성필, 이민철, 김남근(인천대)	석탄화력 기존 SCR 계통 촉매층 회분 퇴적 및 마모에 관한 유동특성에 관한 연구 김태형, 박병철, 김태형(한국남동발전)	파일럿 스케일 버너에서 커피찌꺼기 바이오원료의 연소 특성에 관한 연구 최상규(한국기계연구원)	난류 제트에서 Scalar Dissipation Rate의 통계학적 특성 Vlad Aparece-Scutariu(the University of Edinburgh, UK), Edward S Richardson(University of Southampton, UK), 신동혁(KAIST)																																																		
	모사 가스터빈 연소기내에서 음압 가진 실험을 통한 연소 응답 예측 특성 연구 - 응답 측정위치를 따른 신호 예측 특성 정대진, 전병철, 주성필, 이민철(인천대)	Effects of air staging on Exhaust Tube Vortex structure in a swirl-stabilized pulverized coal flame Kaiwen Deng, Xinzhou Li, (Pusan National University), Minsung Choi(KJMM), Gyeongmin Choi(Pusan National University)	가정용 가스보일러의 친환경 기술개발 동향 장기현(귀뚜라미)	TDLAS를 이용한 MILD 연소기 축 방향 온도 측정 봉철우, 이준건, 신호중, 정진규, 박문수(성균관대)																																																		
16:10 ~ 16:40	[초청 강연 1] Fire safety standard in space environments -flame spread in micro/reduced gravity - Prof. Shuhei Takahashi / Gifu University																																																					
16:40 ~ 17:10	[초청 강연 2] Recent advances in plasma-assisted combustion for gas turbine applications - Prof. Deanna Lacoste / KAUST																																																					
17:10 ~ 17:40	[초청 강연 3] 한국기계연구원과 나의 연소 연구 - 김석준 연구위원 / 한국기계연구원																																																					
18:30 ~ 20:30	정기총회 및 만찬 (호텔2층 그랜드볼룸) 진행: 이민철																																																					

2019년 제4회 편집위원회 개최 (1층 한라 레스토랑)

11.15(금)	제 1 발표장 (그랜드볼룸)	제 2 발표장 (무궁화)	제 3 발표장 (로즈룸)	제 4 발표장 (동백룸)	리셉션 홀
	SESSION 8 : 층류화염 좌장: 김남일	SESSION 9 : 버너/연소기 좌장: 최병철	SESSION 10 : 내연기관 좌장: 박성욱	SESSION 11 : 기초화염 좌장: 이기용	견학프로그램 : 한국중부발전 제주발전본부
9:00 ~ 10:40 (100분)	헬륨이 희석된 층류 동축류 제트에서의 진동화염 오수현(울산과학기술원), 반규호(부경대), 정기성, 유준상(울산과학기술원), 권오봉(부경대), 차민석, 정석호(KAUST), 박정(부경대)	다공성 매체 버너에서 수관 존재의 따른 화염 거동 및 연소 특성 비교 이희도, 김재현, 이기민(순천대)	소형 디젤엔진에서 분무 간섭과 화염 중첩이 배기에 미치는 영향 홍동우, 강승우, 배종식(한국과학기술원)	좁은 간격의 원반형 버너의 길이 스케일에 따른 루이스수 효과 정해진, 이상민, 김남일(한국과학기술원)	
	층류 비예혼합 부상 화염에서의 희석제에 따른 부상 높이 변화 오수현(울산과학기술원), 반규호(부경대), 유준상(울산과학기술원), 권오봉(부경대), 정석호(KAUST), 박정(부경대)	연소가스 내부재순환 연소기술 권민준, 김세원(한국생산기술연구원)	CONVERGE 수치해석을 통한 신행 GP 토터리 엔진의 유동 및 성능분석 유호현, 김도현, 박영준, 이창언(인천대)	Monomethyl Hydrazine/Nitrogen Tetroxide에 대한 축소 반응 메커니즘 이기용(안동대)	
	압력 및 이산화탄소 희석에 따른 메탄-순산소 비예혼합 동축류 화염의 특성 이지석, 황규진, 김남일(한국과학기술원)	FERPM을 적용한 석탄 바이오매스 혼소시 점선연소 보일러의 최적 운전조건에 대한 연구 오현석, 김강민, 전충환(부산대)	엔진 효율 향상을 위한 부분 예혼합 및 난류 공급에 따른 엔진 연소특성 분석 이지영, 김재원, 박성욱(한양대)	충돌판 예혼합 연소기를 이용한 저 발열량 연료의 화염 특성 연구 남현택, 전유선, 오영택(전북대), 김충현(한국승강기대), 이승로(전북대)	
	소화거동 내 SNG/Air 희박 예혼합 비대칭 이중 화염의 상호작용 현상 강연세, 안지환, 이기민(순천대)	초임계 이산화탄소 발전용 연소기의 수치모사: 산화제 온도에 따른 화염 형상 변화를 중심으로 김남수, 이대근, 노동순, 고창혁, 이은경, 광영태, 김승곤, 이민정, 정우남, 이우경, 서동명(한국에너지기술연구원)	포트분사방식 가솔린 엔진에서의 에탄올 함유량에 따른 연소특성 및 미세입자 배출특성 장지환, 이호승, 박성욱(한양대)	비예혼합화염에서 외부가진 시 발생하는 Pinch-off 현상 분석 안영근, 광상혁, 최재홍, 윤영빈(서울대)	
	가열된 동축류내 정상-헤파 층류 부상화염의 특성에 관한 수치해석적 연구 정기성, 김승욱(울산과학기술원), 정석호(KAUST), 유준상(울산과학기술원)	마이크로믹서 가스 터빈 모델 연소기에서의 메탄/수소/공기 연소에 대한 배기 특성 연구 최재홍, 안영근, 광상혁(서울대), 이종근(University of Cincinnati), 윤영빈(서울대)	최신 Toluene Reference Fuel 메커니즘들의 열방출 특성에 대한 비교연구 김두현(홍익대)	1/4 파장 공명기에서 하향 전파하는 예혼합 화염의 열유향장에 관한 실험적 고찰 손광호, 서지원, 이원주, 윤성환(한국해양대)	

홈페이지 사전신청(<https://kosco.or.kr/>)
[제주발전투어신청] 사무국 사전신청
 ~11월 1일까지 (25명 이내)

개별 입자가 고려된 단일 및 복합 조성 화약에서의 수치해석적 충격과 전달 폭굉 연구

최상훈* · 김보훈** · 여재익**

Numerical Study of Shock Induced Detonation in Granular Single and Heterogeneous Energetics

Sanghun Choi*, Bohoom Kim**, Jai-ick Yoh**

ABSTRACT

An investigation on the shock-particle interaction in condensed phase reactive flow has been carried out via the Eulerian hydrodynamic simulations. The analysis focused on the meso- to macro-scale numerical modeling of a granular metalized explosive containing randomly distributed metal particles and booster grains intended to enhance its blast effect. The reactive flow model is used for the HMX, while thermally induced deflagration kinetics describes the aerobic reaction of the metal aluminum particles. The shock-induced collapse of metal particles embedded in the condensed phase domain of a high explosive is simulated. Both aluminized and copperized RDX are shown to detonate with a shock wave followed by the burning of the metal particles.

Key Words : Mesoscale simulation, heterogeneous explosive, Ratestick test, Detonation

응축 된 고체물질의 반응유동에서 충격 입자 상호 작용에 대한 조사가 Eulerian 유체 역학 시뮬레이션을 통해 수행되었다. 이 분석은 폭발 효과를 높이기 위해 무작위로 분포 된 금속 입자와 부스터 입자를 포함하는 입상 화 금속 폭발물의 중대형 규모 수치 모델링에 중점을 두었습니다. 반응성 유동 모델은 HMX에 사용되며, 열적으로 유도 된 폭연 동역학은 금속 알루미늄 입자의 호기성 반응을 나타냅니다. 폭발성이 높은 응축 상도메인에 내장 된 금속 입자의 충격으로 인한 붕괴가 시뮬레이션됩니다. 알루미늄 화 및 구리 화 RDX는 충격과 함께 폭발 한 후 금속 입자가 연소되는 것으로 나타났습니다.

B. Kim 등[1]의 연구에 따르면 알루미늄이 대량으로 함유된 고폭약에 대한 반응 모델을 찾고 Blast 실험을 통해 알루미늄이 포함되었을 때 효과를 나타내고 있다. Mehta 등[2]은 미리 설정한 복잡한 화약의 초기형상을 해석하여 공극과 화약간의 상호작용 분석을 진행하였으며 Hot spot 모델을 활용하여 초기 점화에 대한 정밀한 수치해석을 진행하였다. 김창기 등[3]은 TNT내에서의 알루미늄의 후 연소 반응을 모델링을 연구하였

다. 하지만 개별 입자의 반응 모델 및 유체-고체 상호작용을 통한 분석이 아닌 알루미늄의 정밀한 연소모델을 바탕으로 수치 해석적 연구를 진행하였다. 알루미늄 입자의 군집 효과를 고려한 연구는 Zhang, Fan 등[4]에 의해 수행되었다.

선행연구를 종합하여 보면 기존까지의 연구는 금속 첨가물 개별의 특징을 고려하지 않고 연속체가정을 통해 하나의 물질로 생각하여 반응 모델 및 반응 계수를 찾는 연구가 진행되어 왔다. 따라서 화약의 초기 특성인 폭굉 속도 및 폭압은 정밀하게 예측이 가능하나 금속입자의 후 연소 효과에 대한 구체적인 분석은 어려움이 있다. 본 연구에서는 금속입자, HMX같은 폭발물의 정밀 구조 및 반응 모델링 수행을 통해 복합화약에서의 충격과 전달에 의한 폭굉 시뮬레이션이 수행되었다.

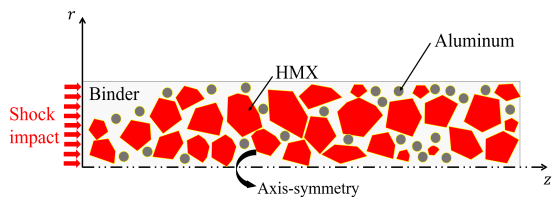


Fig. 1. 복합화약의 수치해석 도메인

Fig. 1은 본 연구에서 수행된 복합화약의 도메인을 보여준다. 왼쪽면에서 외부 충격에 의한 점화

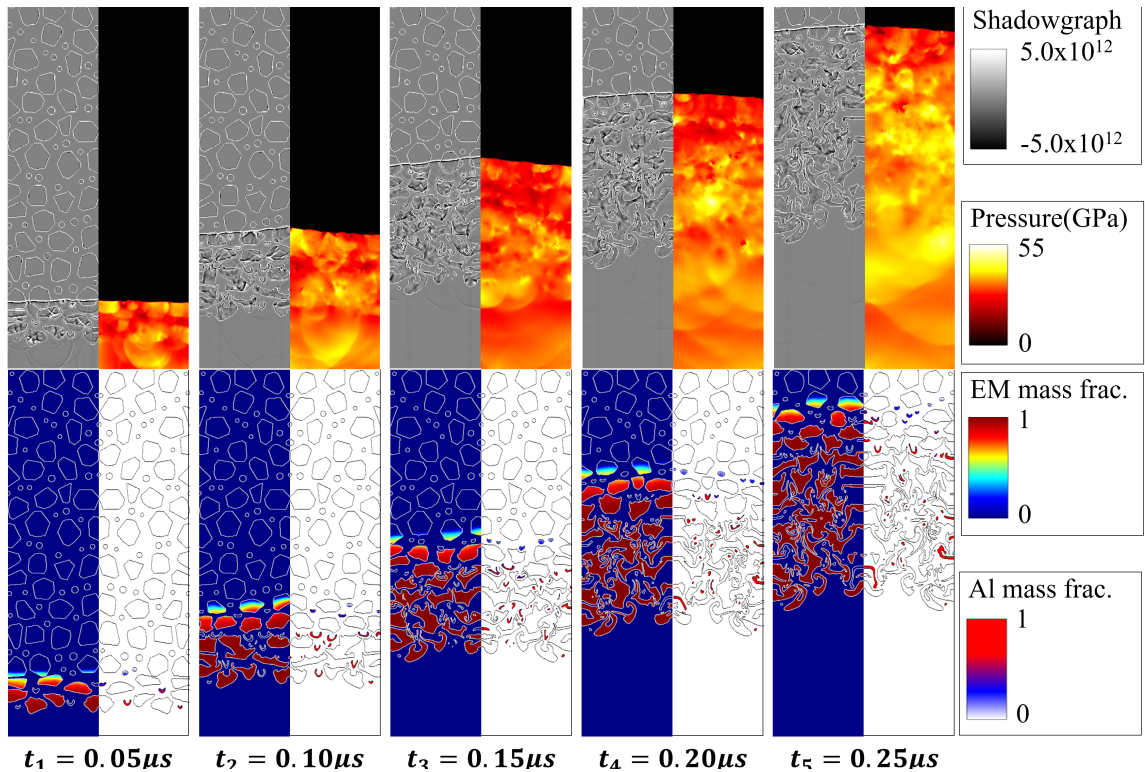


Fig. 2. 충격파 전달 폭풍에 의한 복합화약의 반응성 유동 해석

가 시작되며 시작된 점화는 연쇄된 HMX와 알루미늄의 반응을 이끌어 낸다.

Fig. 2는 해석결과 컨투어를 보여주며 약 3000m/s로 외부의 충격파가 전달되었을 때 결과를 보여준다. 입자 속도에 의한 shock의 전파를 확인할 수 있으며 HMX Grain과 알루미늄 입자의 이동과 압축을 확인할 수 있다. 이때 매우 복잡한 형상으로 인해 반사파와 굴절파가 복잡하게 중첩되어 후류가 형성된다. 폭풍으로 빠르게 반응하는 HMX와 비교적 천천히 열에 의한 반응식으로 반응하는 알루미늄을 확인할 수 있다.

후 기

본 연구는 서울대학교 차세대 우주추진 연구센터와 연계된 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행한 선도연구센터지원사업(NRF-2013R1A5A1073861)의 연구 결과입니다.

참고 문헌

[1] B. Kim, J. Park, K. Lee and J.J. Yoh, "A reactive flow model for heavily aluminized

cyclotrimethylene-trinitramine", Journal of Applied Physics, Vol. 116, No. 2, 023512, 2014, 023512.

[2] Mehta, Y., Jackson, T.L., Zhang, J. and Balachandar, S., "Numerical investigation of shock interaction with one-dimensional transverse array of particles in air", Journal of Applied Physics, Vol. 119, No. 10, 104901, 2016.

[3] Chang-Kee Kim, James G Moon, Jun-Sik Hwang, Ming-Chia Lai, Kyung-Su Im, "Afterburning of TNT explosive products in air with aluminium particles", 46th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, AIAA 2008-1029, Reno, 2018.

[4] Zhang F., Gerrard K., Ripley R., Tanguay V., "Unconfined aluminum particles-air detonation.", 26th International Symposium on Shock Waves, Berlin, 2007.