

과제번호	2.80328
------	---------

2021학년도 학부생연구프로그램(UGRP)

최종보고서

과제명	소형 알코올 추진체의 개발 및 성능 분석				
연구기간	2021. 5. 21. ~ 2022. 1. 16.				
연구비	342,717				
지도교수	성명	김기훈		학과	기계공학과
참여자 인적사항	구분	학과	성명	학번	연락처
	연구 책임자	무은재학 부	정민재	20210019	010-3927-1193
	공동 연구원	무은재학 부	김형수	20210468	010-7121-5338
	공동 연구원	무은재학 부	안현태	20210280	010-5016-1820
	공동 연구원	무은재학 부	이동준	20210311	010-5524-1769
<p>2021학년도 학부생연구프로그램 최종보고서를 아래와 같이 제출합니다.</p> <p>2021년 12월 30 일</p> <p>연구책임자 : 정민재 정민재 연구지도교수 : 김기훈 (인)</p> <p>포항공과대학교 교육혁신센터장 귀하</p>					

※ 팀장(연구책임자)과 지도교수님 모두 자필 또는 전자 서명을 넣어주세요.

2021학년도 학부생연구프로그램(UGRP)

연구비 집행 결산보고

연구책임자(학생)	정민재	소속/학번	20210019
과제명	소형 알코올 추진체의 개발 및 성능 분석		

■ 연구비 집행표

세부 비목	당초 예산	최종 집행 예산
연구장비 및 시설비	0	0
시약·재료비 및 전산 처리	48,000	5,200
시작품 제작비	409,314	337,517
수용비 및 수수료	0	0
기술정보활동비	0	0
국내여비	0	0
합계(원)	457,314	342,717

☞ 연구비 예산에는 당초 연구비로 배정받은 금액을, 집행한 연구비는 중 최종 집행한 연구비를 기입함.

2021학년도 학부생 연구프로그램(UGRP)

최종보고서

연구책임자(학생)	정민재	소속/학번	무은재학부/20210019
과제명	소형 알코올 추진체의 개발 및 성능 분석		

※ 아래 내용을 참고해 주시고, 지운 후 작성하시면 되겠습니다.

아래의 필수 기술내용을 요약하여 8~10장 정도로 작성하세요.

(연구결과와 관련되는 그래프, 그림, 표 등 포함)

○ 연구목적

☞ 과제의 목표를 기술함

본 연구에서는 가연성 기체의 연소를 통한 탄환의 발사 및 지속적인 추진력을 출력할 수 있는 소형 추진체를 자체적으로 개발해보고, 성능을 평가할 수 있는 기준을 정립해 분석해보고자 한다. 이러한 연구 주제를 제안하게 된 배경에는 다양한 로봇들의 소형화가 있으며, 드론과 다른 방식의 추력을 얻을 수 있는 방법으로 무엇이 있을지에 대한 고민과 감자 총(Potato gun)이라 불리는 장난감의 메카니즘을 발전시켜 보는 데 있다. 따라서 본 연구의 응용방안으로는 소형 로봇들에 장착할 수 있는 발사체, 또는 출력을 연속적으로 지속할 수 있는 메카니즘의 개발을 통해 추진체로써 활용하는 방안이 있음을 제안한다.

○ 연구내용 및 진행

☞ 당초 계획된 연구의 진행상황에 대해 간단히 기술함

(계획대비 수행한 연구내용, 수행방법, 결과 등에 대해 기술함)

사전 계획 - 사전 조사

추진체의 기능을 감자 총을 응용하여 개발하는 만큼, 감자 총과 연료에 관련된 조사가 이루어졌다. 감자 총이 탄환을 발사하는 방식은 combustion chamber에 가연성 물질을 충전한 뒤, 외부로 연결된 Sparker Ignition의 점화로 화학반응을 유도하는 식이다. 생성물의 몰 수가 많을수록 높은 압력이 형성됨은 결과적으로 탄환을 발사할 수 있게 되는 원리이다. 감자 총의 탄환 발사를 위한 연료 선정 기준은 낮은 폭발, 수급의 용이성, 폭발 조건의 간결함이다. 이러한 조건을 만족시키는 연료로 에탄올과 메탄올이 있다. 하지만 에탄올의 경우 연소 엔탈피가 높지만 폭발 범위가 작거나 기화에 소요되는 시간이 길다는 단점이 있다. 메탄올의 경우에는 연소 엔탈피가 에탄올에 비해 상대적으로 낮으나 폭발 범위가 넓어 탄환의 발사에 적절한 연료이다. 따라서 추진체의 연료로는 메탄올이 적합한 것으로 결론 내려질 수 있지만, 메탄올의 독성은 치명적이기에 추가적인 대안을 탐색해야 하는 상황이다. 그 외에도, 탄환의 발사에 사용 가능한 연료로 프로판올, 뷰테인, 흑색화약 등이 있다. 프로판올의 경우에는 비싼 가격과 수급이 어렵다는 문제점

이 존재하며, 뷰테인은 흡입 시 인체에 부정적인 영향을 미치기에 주의가 요구된다. 마지막으로 흑색화약은 질산염이 필요한데 이는 구하기가 어려운 데다 폭발 조건을 간소하지 않게 만듦으로 배제됐다. 마지막으로 탄환의 성능 및 효율을 분석하는데 유의미한 결과를 제공해줄 변인으로 연소 시 발열량, 실린더 내부 온도의 변화 그리고 생성물 중 가스의 몰 수를 고려할 수 있다.

사전 계획 - 연구 계획

사전조사에서 확인하였던 감자 총의 기본 구성에서, 알코올을 정량적으로 주입할 수 있는 피스톤, 연료실의 온도를 측정할 수 있는 센서를 내장한 형태로 제작. 해당 연구에서는 기존의 감자 총의 구조에서 어떠한 요인이 발사 성능과 연관 있는지 확인하는 것이 목표이며, 목표치를 달성하는 상황을 찾아 소형화된 추진체의 조건을 제시하고자 했다. 그렇기에 여러 형태의 알코올 연소실과 특정 온도상태로 일정하게 유지 시켜줄 수 있는 시스템으로 개조할 계획이었다.

본 연구에서는 소형 추진체의 개발에 있어 무엇이 연소를 통한 추진력에 영향을 줄 있는지를 파악해보고, 분석을 통해 최적화된 알코올 추진체의 모델을 제안하고자 했다. 우선 첫째로 추진체의 성능에 영향을 주는 요인으로 연료의 종류와 하드웨어의 구조를 제안할 수 있다. 하지만 본 연구는 하드웨어적인 구조로 인한 성능적 이점에 초점을 두는 것이 목표이므로 알코올 연소에 한정하여 연구를 진행하고자 하였다.

사전조사에서 확인하였던 감자 총의 기본 구성에서, 알코올을 정량적으로 주입할 수 있는 피스톤, 연료실의 온도를 측정할 수 있는 센서를 내장한 형태로 제작. 해당 연구에서는 기존의 감자 총의 구조에서 어떠한 요인이 발사 성능과 연관 있는지 확인하는 것이 목표이며, 목표치를 달성하는 상황을 찾아 소형화된 추진체의 조건을 제시하고자 한다. 그렇기에 여러 형태의 알코올 연소실과 특정 온도상태로 일정하게 유지 시켜줄 수 있는 시스템으로 개조할 계획이었다.

추진체의 성능을 평가하기 위한 주 지표로는 추력의 효율과 성능을 평가하지 않을 수 없다. 이러한 성능에 영향을 끼치는 요인으로 연소실의 잠열과 형태가 있을 것으로 추측된다. 제작한 프로토타입을 바탕으로 알코올의 정량 연소로 따른 연소실 내 온도 변화와 추력을 측정하고, 연소실의 온도와 형태를 변경해가며 그 결과를 분석하고자 한다. 추력은 알코올의 연소로 발사된 탄환이 이동한 거리를 측정함으로써 계산될 예정이었다.

당초 계획한 연구 계획은 연료 선정, 감자총 설계, 프로토타입 제작, 분석에 필요한 시스템 구축, 실험진행, 결과 분석 및 고찰, 새로운 모델 제작 및 테스트, 결과보고서 제작이었다. 연료는 연구를 계획할 때부터 메탄올로 정했다. 감자총은 연소실과 포신을 PVC파이프로, 두 부위를 연결하는 파트와 점화 플러그 연결 부위, 발사체(구형)은 3D프린터로 출력하기로 하였다.

연구 진행 - 프로토 타입 제작

이 연구의 궁극적인 목적은 구조에 따른 효율을 분석하는 것이기 때문에 구조와 관련된 변인을 두 가지 설정하였는데 하나는 부피(연소실의 직경 20mm, 25mm, 30mm), 다른 하나는 연결 부위의 형태(곡면형 벽, 직선형 벽, 벽 없음)이다. 직경은 또 다른 변인인 메탄올의 양에 따라 효율이 달라지겠지만, 연결부위의 형태는 다른 변인과 상관없이 어느 한 형태가 높은 효율을 보일 것이라고 예상하였다.



<직선형 연결파트를 방작한 감자총>

실험 방법은 다음과 같다. 메탄올을 포구로 집어넣은 뒤 탄환으로 입구를 막고 연료가 기화 될 때까지 기다리고 발사한다. 속도 측정기를 이용해 속력을 구하는 동시에 디지털 온도계로 온도를 측정하고 총 에너지 중 운동에너지가 얼마나 차지하는지 즉, 에너지의 효율이 어느 정도인지 계산한다.

먼저 25mm 직경의 연소실을 가진 감자총을 실험에 사용하기로 하였다. 메탄올이 제대로 연소하는지 확인하기 위해 처음에는 연소실에서 흘러나오기 전까지 연료를 충전하여 실험을 진행하였다. 첫 시도에서는 폭발이 일어나지 않았고 이후 여러번의 시도에서도 작게 폭발하거나 폭발보다는 연소에 가까운 반응을 보이는 등 많이 불안정한 모습을 보였으나 일단 폭발이 일어나는 것을 확인하였기에 다음 단계를 진행하기로 하였다.

다음 단계로 메탄올의 양에 따른 효율을 계산하기 위한 데이터를 구하는 실험을 진행하였다. 효율이 얼마나 좋을지는 아직 알 수 없기 때문에 사용되는 메탄올(농도 80%)의 양은 2ml로 설정하였다. 이 정도 양의 메탄올은 12.630kJ의 에너지를 낼 수 있으며 이보다 낮은 운동에너지를 가질 것이라고 예상하였다. 실험에 사용한 감자총은 25mm 직경이었고 포구로부터 벽까지의 거리는 1m, 메탄올은 80% 2ml, 기화를 위해 기다린 시간은 30초였다.



<실험을 진행하는 모습>

발사는 성공적이었다. 이전에 확인차 시도했을 때보다 폭발음도 훨씬 강력했고 탄환의 속도도 확연히 차이가 났다. 하지만 속도 측정기가 속력을 측정하는데 실패 하였고 탄환이 충격으로 인해 파손되어 다음 실험을 바로 하지는 못 하고 종료할 수 밖에 없었다. 다시 탄환을 준비한 뒤 실험을 시도하였으나 여전히 속도 측정기는 제대로 작동하지 않았다. 문제의 원인을 분석하기 위해 손가락을 휘둘렀을 때 속도 측정기가 제대로 작동하였고 탄환을 직접 던졌을 때도 작동한 것을 보아 속도 측정기가 측정할 수 있는 속력의 범위를 넘었기 때문에 측정기가 작동하지 않은 것으로 짐작하고 다른 방법을 통해 속력을 구하기로 하였다. 방법은 다음과 같다. phyphox의 기능을 이용해 폭발음과 벽에 부딪히는 소리의 시간차를 구한 뒤 벽과 감자총 사이의 거리와 함께 계산하여 속력을 구한다.

방법을 고안한 뒤 바로 실험을 다시 진행하였다. 하지만 또다시 폭발이 일어났고 이후 계속 점화를 해보아도 폭발은 일어나지 않았다. 첫 시도와 계속 동일한 조건으로 실험을 진행했음에도 폭발이 일어나지 않은 것을 보고 무언가 변한 것이 있을 것이라 짐작했고 그 원인이 무엇인지 밝히기 위해 회의를 하였다. 여러 가지 의견이 나왔고 그중 가장 유력한 원인은 폭발 후 산소는 소모되고 부산물로 생성된 이산화탄소가 내부 기체의 높은 비율을 차지하여 연소 반응이 일어나지 못하는 것이라고 추정했다.

가설을 확인하기 위해 연소실 내부로 산소 또는 공기를 주입할 방법을 모색하였고 가장 간단한 방법으로 청소기로 내부의 기체를 모두 빨아들여 순수한 공기로 대체하는 방법을 시도해보기로 하였다. 시도 후에 알게 된 사실 중 하나는 폭발 후에 연소실 내부에 여전히 메탄올이 남아있다는 것이다. 또 다른 사실은 짧은 시간 동안의 청소기의 흡입으로는 산소가 충분히 들어오지 못 한다는 것이었다. 청소기로 약 30초간 감자총의 포구에 끼워 산소를 유입시키고 남아있는 메탄올로 폭발을 일으켰으나 다시 청소기를 사용한 후 점화를 시켰을 때 또다시 폭발이 일어났고 약 5번의 추가적인 흡입 끝에 폭발이 일어나지 않는 것을 확인할 수 있었다. 이 방법은 내부 공기를 순환시켜 대기중의 공기와 같게 만들 수는 있으나 그 시간이 너무 길고 정량적이지 못해 실험으로부터 얻는 데이터의 오차를 증가시킬 수도 있기 때문에 활용하지 않기로 하였다. 이 흡입 과정에서 또 다른 사실을 알게 되었는데 감자총의 각도에 따라 폭발이 일어날 때도 있고 안 일어날 때도 있다는 것이다. 이는 메탄올의 기체 밀도와 공기 밀도의 차이에 의해 일어난 일이라고 추측하였다.

내부 공기 순환 문제를 맞닥뜨린 우리 팀은 다른 수단과 방법을 생각해내지 못한 채로 계속 의견 교환을 하였으나 마땅한 방법이 떠오르지 않았고 연구의 방향을 실패 원인 분석으로 변경하기로 하였다.

○ 연구결과 및 활용방안

☞ 지금까지의 연구 진행에 대해 요약/기술하고, 활용방안 및 기대효과에 대해 기술함

연구 계획에서 연료 선정 및 감자 총 분석, 감자 총 설계, 프로토타입 제작, 분석에 필요한 시스템 구축까지 진행하였으나 실험 및 진행 과정을 수행중 여러 시행착오를 해결하다가 노선을 실패 원인 분석과 활용방안 탐구로 변경하게 되었다.

여러 가지 실패 원인들 중 실험 도구의 문제를 제외하고 차례대로 분석하자면, 가장 큰 원인은 내부 공기 순환이다. 한 번의 폭발 이후로 내부 공기의 순환이 원활히 이루어지지 않으면 산소가 부족해져서 연속적인 폭발이 불가능해진다. 또한 산소가 들어온다 해도 잔여 하는 메탄올에 의해 실험값의 부정확을 초래한다. 따라서 메탄올을 사용하는, 또는 비슷한 연료를 사용하는 출력 매커니즘에서 배기 시스템을 포함하는 것이 지속성을 부여할 수 있을 것이다. 만약 기계가 너무 작다면 배기 시스템을 넣는 것 대신 산소를 주입하는 장치를 추가하는 것도 하나의 방법이 될 수 있을 것이다.

○ 참고문헌

<기술양식>

- 좌우여백: 각 20mm, 행간여백없음, 글자크기 10pt, 맑은고딕, 장평160%

학부생연구프로그램(UGRP) 개인정보 및 성과물 활용 동의서

개인정보 수집 및 활용 동의서

본인은 교육혁신센터가 '학부생연구프로그램(UGRP)'의 교육적 운영을 위해 팀의 결과물로 제출한 내용에 포함된 개인정보 및 관련한 행사에서의 초상권, 연구결과물을 이용하는데 동의합니다.

1. 개인정보 수집·활용 목적: 프로그램 운영, 관련 보고문서 작성, 비영리 교육홍보자료 이용, 교내 공유 등
2. 개인정보 수집 항목: 성명, 학년, 학과, 학번, 초상권
3. 개인정보 보유 및 이용기간 : 개인정보 수집 및 이용 목적의 종료 시까지

☒ 개인정보 수집 및 이용에 동의함


☐ 동의하지 않음

본인은 위의 모든 내용을 충분히 확인하였으며, 이에 서명합니다.

2021 년 12 월 30 일

대표자
(팀장)

20210019/성명:

정민재 

포 항 공 과 대 학 교 귀하