

압축공기의 흡입과 분사를 위한 멀티 에어건의 설계 개발

정석민¹, 장성민^{2*}

¹뉴대경R&D(주), ²조선이공대학교 선박해양·기계과

A Design and Development of Multi Air gun for suction and shooting a jet of compressed air

Seok-Min Jeong¹ and Sung-Min Jang^{2*}

¹New DaeKyung R&D Corporation

²Dept. of Naval Architecture & Mechanics, Chosun College of Science & Tec.

요약 이 논문의 목적은 작업장에서 사용하기 위한 에어건의 개발에 관련된 것이다. 에어건은 공작기계를 사용하는 산업현장에서 공작물 칩과 절삭유를 제거를 위한 도구이다. 그리고 그것은 일반적으로 압축공기를 분사하는 용도로 사용된다. 작업자는 에어의 흡입과 분사를 위해 각각의 에어건을 준비하여야 한다. 따라서 우리는 새로운 에어건을 개발하였다. 이 논문에서 우리는 에어건의 설계와 분석을 위한 연구를 한다. 에어건은 몸체, 파이프, 개폐 유닛, 전환 유닛, 에어 튜브 그리고 조립을 위한 요소들로 구성된다. 개발된 에어건은 그 효율을 확인하기 위해 실험된다.

Abstract The purpose of this paper is concerned with a development of air gun for use at work. A air gun is the tool to remove of cutting fluid and workpiece chip in industrial field used machine tool. And it generally is used to shoot a jet of compressed air. Worker must prepare respectively air gun for suction and shooting a jet of compressed air. Therefore we has developed new air gun. In this paper we research for design and analysis of it. The air gun is composed of body, pipe, opening and shutting unit, turning unit, air tube and elements for fabrication. The developed air gun is experimented to confirm the efficiency.

Key Words : Air gun, Compressed air, Suction, Jet, Opening and shutting unit, Switch unit, Turning unit, Air tube

1. 서론

제조업 현장에서 에어건(air gun)의 사용은 일반화되었다. 특히 대중화되어 사용이 되고 있는 에어건은 분사용 에어건으로 에어 컴프레서(air compressor)에 의해 유입되는 압축 공기를 파이프 형태의 에어건 출구에서 분사시킨다. 에어건은 공작기계에서 제품 가공 후 칩을 분리 제거하거나 작업대로부터 이물질 제거를 위해 사용되고 있다. 제거하고자하는 이물질이 오염된 절삭유와 같은 오일류 또는 분진과 같은 미세 입자일 경우에, 분사용 에어건의 사용은 미세 입자를 주위에 분산시키고 공기 중

에 부양되어 작업자의 호흡기에 유입될 수 있으므로 작업자의 건강에 위해할 수 있다. 또한 순환사용이 가능한 오일류의 경우에는 분사용 에어건의 사용으로 인해 경제적 손실을 발생시킨다. 이와 같은 경우에 분사용 에어건의 사용은 적절하지 못하므로 대부분의 산업현장에서 흡입용 에어건을 따로 구입하여 사용하고 있는 실정이다. 그러나 배출기능과 흡입기능의 에어건을 각각 구비하여 사용하는 것은 경제적 부담과 에어건 교체에 리드타임이 소요되는 등 생산성과 작업 효율적 측면에서도 개선이 절실하게 필요한 실정이다. 그러므로 산업현장의 비생산적, 비효율적인 문제를 개선하기 위한 발상의 전환이 필

*Corresponding Author : Sung-Min Jang

Tel: +82-62-230-8203 email: twkjsm@cst.ac.kr

접수일 12년 09월 21일

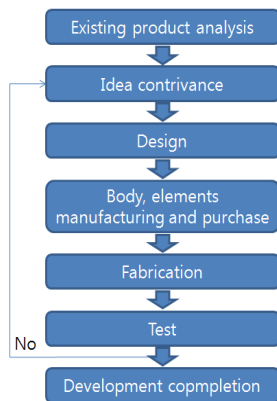
수정일(1차 12년 10월 15일, 2차 12년 10월 26일)

개재확정일 12년 11월 08일

요하다. 기존에 일반적으로 많이 사용되고 있는 이러한 분사기능의 에어건을 개선하여 흡입기능도 가능한 에어건을 개발하여 사용한다면 작업장의 정리 및 환경오염을 개선할 수 있는 획기적인 방안이 될 수 있을 뿐만 아니라 작업의 효율성과 생산성 향상에도 기여할 것으로 사료된다. 그러므로 본 연구에서는 기존의 분사기능 에어건을 보완, 개선하여 흡입기능과 물 분사기능이 추가된 에어건을 설계, 개발하였다. 에어 또는 에어건과 관련된 연구는 미세 입자의 살포가 가능한 고성능 저비용의 에어젯 노즐 개발[1], 에어건을 이용한 마그네슘 합금 판재의 강구 관통 거동[2], 곡물선별기 고속에어건 분사정밀도 개선에 관한 연구[3], 외과 수술용 공압식 핸드피스 개발[4], 에어스프레이 노즐을 이용한 건조 시스템의 최적설계[5], 에어 제트 직기의 메인 노즐 유동에 관한 수치해석적 연구[6] 등이 있으나 본 연구와 같이 흡입과 분사를 동시에 가능한 산업용 에어건에 관한 연구는 거의 전무한 실정이다.

2. 에어건의 제작

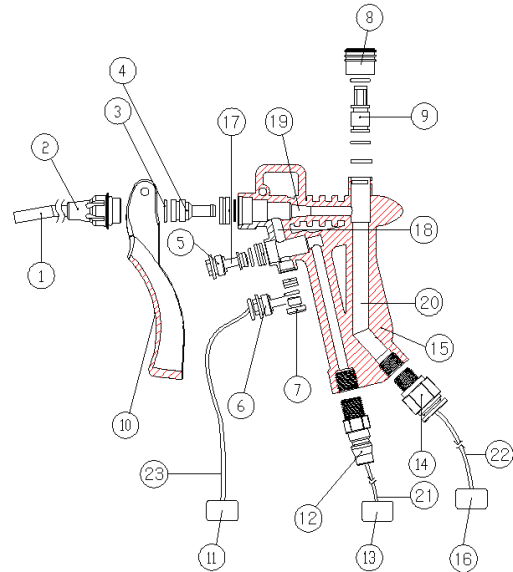
본 연구에서는 에어건 내에 진공헤드를 장착하여 전환 유닛 버튼의 작동만으로 에어의 유동 방향을 바꿔 분사와 흡입기능이 모두 가능하도록 고안하였으며, 작업자가 용도에 따라 매우 손쉽게 그 기능을 선별적으로 선택할 수 있도록 에어건을 개발하였다. 또한 물 분사기능을 추가 하여 먼지 등 분진 형태의 비산을 예방할 수 있다. 따라서 기존 에어건의 기능을 보완하여 발전시킨 획기적인 멀티 에어건이라 사료된다. Fig. 1은 본 연구에서 에어건의 개발 과정을 프로우 차트로 나타낸 것이다.



[그림 1] 새로운 에어건 개발을 위한 플로우차트
[Fig. 1] Flow chart for development of new air gun

2.1 설계, 구조 및 기능

본 연구의 목적은 구조가 간단하면서도 에어의 분사, 흡입기능이 모두 가능하고 물 분사기능까지 갖춘 멀티 에어건을 개발하는 것이다. 따라서 에어건 내부는 분사와 흡입로를 모두 갖춘 구조로 설계하였다. Fig. 2는 본 연구에서 개발한 에어건의 분해, 단면도이다. 상단은 에어건의 출구가 파이프 형태로 설계되어 있고 하단에는 커넥터에 유동로인 관을 연결하여 각각 집진기와 에어컴프레서에 연결될 수 있도록 하였다. 에어건 내부로의 에어 진입을 위해 에어컴프레서와 통하는 커넥터와 에어건 파이프 사이에 개폐 유닛이 있어 에어 압력을 개폐한다. 이 개폐 유닛은 작업자가 에어건의 손잡이에 압축력을 가하면 열리고 압축력을 해제하면 원위치하여 닫힌다. 에어건 하단에 연결된 집진기는 분리, 제거되어야 할 물질이 모이는 곳이므로 개폐 유닛 상단의 진공 발생관에서 진공압력을 발생, 집진기에 연결된 유동관로를 통해 오염물질이 모일 수 있도록 하였다. 진공압력은 현장 작업자가 에어건 상단의 진공발생 전환 유닛 버튼을 작동시킴으로써 발생시킬 수 있다.

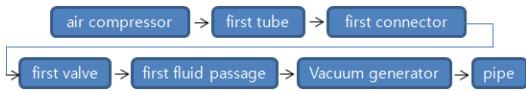


① pipe ② pipe connector ③ filter ④ vacuum generator ⑤ first valve ⑥ second valve ⑦ knob ⑧ switch unit button ⑨ switch shaft ⑩ trigger ⑪ water ⑫ first connector ⑬ air compressor ⑭ second connector ⑮ body ⑯ dust collector ⑰ opening and closing unit ⑱ first fluid passage ⑲ second fluid passage ⑳ third fluid passage ㉑ first tube ㉒ second tube ㉓ third tube

[그림 2] 에어건의 분해 조립도
[Fig. 2] Exploded diagram of air gun

2.1.1 분사기능

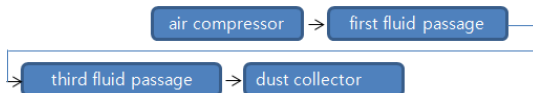
Fig. 2에 나타난 바와 같이 작업자가 전환 유닛 버튼을 누르면 버튼이 아래로 향하면서 제2유동로와 제3유동로 사이를 차단한다. 이때 작업자가 에어건 방아쇠를 잡아당겨 압축력을 가하면 제1밸브의 축이 눌러지면서 에어컴프레서에 연결된 제1유동로의 하단과 상단이 하나의 유동로로 연결되어 에어컴프레서로부터 공급되는 에어가 제1유동로를 통하여 에어건 파이프의 출구로 분사된다. Fig. 3은 에어컴프레서로부터 공급된 에어가 파이프로 분사되는 유동순서이다.



[그림 3] 분사기능에서 유동순서
[Fig. 3] Flow procedure in jet function

2.1.2 흡입 기능

작업자가 전환 유닛 버튼을 잡아당기면 버튼이 위로 돌출되면서 제2유동로와 제3유동로가 연결된다. 이때 작업자가 에어건의 방아쇠를 당기면 분사기능에서와 마찬가지로 에어컴프레서로부터 공급되는 에어가 제1유동로와 진공 발생부를 거쳐 제2유동로의 좌측 후단부와 제3유동로로 통하기 때문에 최종적으로 제거할 이 물질은 집진기로 배출된다. Fig. 4는 에어컴프레서로부터 유입된 물질이 집진기로 배출되는 유동순서이다. 절삭유 등을 흡입할 때 절삭유에 포함된 이물질은 파이프와 진공 발생부 사이의 필터에 의해 걸러 내도록 하였다. 그러므로 이 물질에 의해 에어건 내부의 유동로를 방해하지 못한다.

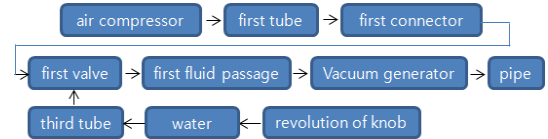


[그림 4] 흡입기능에서 유동순서
[Fig. 4] Flow procedure in suction function

2.1.3 물 분사기능

분사기능에서와 같이 전환 유닛 버튼을 눌러 제2유동로와 제3유동로를 차단하고 작업자가 에어건의 손잡이를 당기면 에어컴프레서와 제1유동로가 연결되어 에어컴프레서로부터 공급받는 에어는 제1유동로를 통하여 에어건 파이프의 출구로 분사된다. 이때 제2밸브의 노브를 시계 방향으로 회전시키면 제1밸브의 관통구멍과 물에 연결된 관로가 통하여 물은 제1유동로로 유입되며 이때 에어컴프레서로부터 공급받는 에어와 혼합된 물이 분사된다. 반

대로 노브를 반시계방향으로 회전시키면 물의 유동은 차단된다. Fig. 5는 에어와 혼합된 물이 에어건 파이프 출구를 통하여 분사되는 유동순서이다.



[그림 5] 물 분사기능에서 유동순서
[Fig. 5] Flow procedure in spray function of water

본 연구에서 개발한 에어건은 작업자가 진공발생 전환 유닛 버튼의 작동만으로 필요에 따라 분사기능과 흡입기능을 선택할 수 있으므로 진공발생을 위한 별도의 밸브 등 부가장치를 필요로 하지 않는다. 또한 에어의 유입과 흡입관로 등이 포함된 에어건 바디는 사출금형에 의하여 일체형으로 제조된다. 흡입과 분사가 모두 가능한 이와 같은 에어건의 구조는 소요 부품 수를 감소시키고 생산 공정을 획기적으로 단순화 시킨다. 에어건은 내부 통로의 기밀성뿐만 아니라 작업자 관점에서 에어건 작동 시 발생하는 소음의 감소를 위해 에어건 내부에 소음기를 장착함으로써 작업환경 개선에 노력하였다.

2.2 역학적 해석

개발된 에어건은 크게 몸체, 손잡이, 진공압력 전환 유닛 등으로 구성되어 있고 내부는 에어가 분사되는 유동로, 개폐 유닛이 있어 에어 컴프레서로부터 에어의 유입을 제어하며, 진공 발생관과 흡입에 의해 집진이 되는 유동로 등으로 구성되어 있다. 에어건은 작업자에 의해 손잡이에 압축력이 가해지나 역학적으로 국부적인 응력 집중을 받는 곳이 아니므로 우려할 필요가 없다고 사료된다. 에어 컴프레서에서 컨넥터로 에어가 유입되는 힘과 에어가 개폐 유닛을 통과하여 밖으로 분사될 때의 힘은 다음과 같이 식 (1), (2)를 이용하여 구할 수 있다. 또한 파이프를 통한 에어의 흡입력과 집진기로의 유입을 위해 에어건 하단의 컨넥터로 유입되는 힘은 식 (3), (4)를 이용하여 구할 수 있다.

$$F_1 = P_1 A_1 = P_1 \frac{\pi d_1^2}{4} \quad (1)$$

$$F_2 = P_2 A_2 = P_2 \frac{\pi d_2^2}{4} \quad (2)$$

$$F_3 = P_3 A_3 = P_3 \frac{\pi d_3^2}{4} \quad (3)$$

$$F_4 = P_4 A_4 = P_4 \frac{\pi d_4^2}{4} \quad (4)$$

F_1 : inflow force into connector from air compressure

F_2 : output force of pipe to forward

F_3 : input force of pipe to backward

F_4 : inflow force into connector from a vacuum pressure unit

P_1 : inflow pressure into connector from air compressure

P_2 : pressure of pipe to forward

P_3 : pressure force of pipe to backward

P_4 : pressure into connector from a vacuum pressure unit

d_1 : inside diameter of connector(d_4)

d_2 : inside diameter of pipe outlet(d_3):

에어 컴프레서를 통하여 에어가 에어건으로 유입될 때 컨넥터에서 유입되는 유량과 파이프에서 유출되는 유량은 식 (5), (6)을 이용하여 구하고 에어가 흡입될 때 파이프에서 흡입되는 유량과 집진기로의 유입 컨넥터에서 유입되는 유량은 식 (7), (8)을 이용하여 구할 수 있다.

$$Q_1 = A_1 V_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} V_1 \quad (5)$$

$$Q_2 = A_2 V_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} V_2 \quad (6)$$

$$Q_3 = A_3 V_3 = \frac{\pi d_3^2}{4} V_3 \quad (7)$$

$$Q_4 = A_4 V_4 = \frac{\pi d_4^2}{4} V_4 \quad (8)$$

Q_1 : inflow flow rate into connector from air compressure

Q_2 : output flow rate of pipe to forward

Q_3 : input flow rate of pipe to backward

Q_4 : inflow flow rate into connector from a vacuum pressure unit

V_1 : inflow velocity into connector from air compressure

V_2 : output velocity of pipe to forward

V_3 : input velocity of pipe to backward

V_4 : inflow velocity into connector from a vacuum pressure unit

2.3 설계구조의 고찰

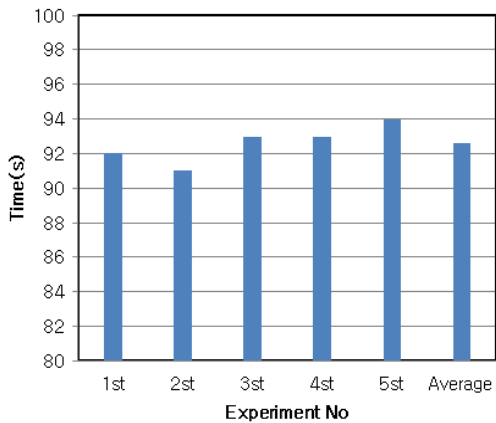
에어건 내부에서 에어의 유동은 매우 복잡한 경로를 따라 유동된다. 또한 내부의 마찰과 구조상으로 급변하는 경로를 갖고 있어 압력의 손실이 발생한다. 구조가 복잡할수록 압력의 손실값을 정확하게 이론에 의해 구하는 것은 거의 불가능하다. 그러므로 설계구조의 최적화를 효율적으로 수행하기 위한 방안으로 현장에서는 CFD (computer fluid dynamic)를 활용한 유동해석 방법을 적용하고 있다. 그러므로 본 연구에서 개발한 멀티 에어건의 구조를 최적화하기 위해서는 내부 구조에 대한 유동해석 방법을 적용하여 설계구조를 최적화 할 필요가 있다고 사료된다.

3. 실험

본 연구에서는 개발된 에어건을 사용하여 몇 가지 시료를 대상으로 실험을 실시하였다. 첫 번째 실험은 수용성 절삭유를 대상으로 흡입기능을 실험하여 그 성능을 평가하였다. 두 번째로 일반 분말 세제를 대상으로 흡입기능의 성능을 평가하였다. 세 번째는 강구를 대상으로 흡입 실험을 실시하여 본 연구에서 개발한 에어건의 실용성을 검증하였다. 모든 실험은 시료의 용량 500ml를 대상으로 5번 반복하여 실시하였다.

3.1 절삭유 대상

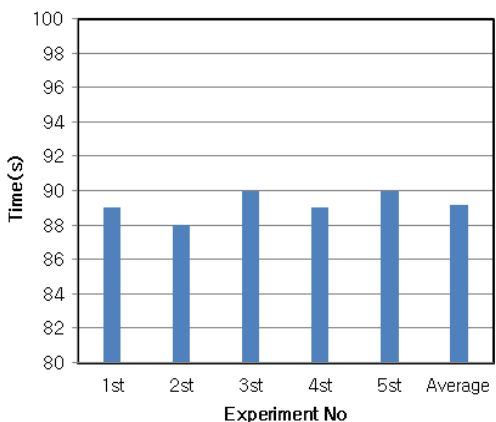
절삭유는 금속재료의 절삭공구 시 공구와의 마찰에 의한 절삭열 발생을 억제하기 위한 냉각 및 윤활작용 등을 목적으로 사용하며 공구 수명 연장 및 피삭재의 정밀가공을 위해 반드시 필요하다. 본 연구에서는 범용 공작기계 및 CNC공작기계 등에서 일반적으로 가장 많이 사용하고 있는 수용성 절삭유를 대상으로 테스트를 실시하였다. 절삭유를 대상으로 압축된 공기를 분사시키면 절삭유가 분산되어 작업장 바닥을 오염시키거나 주위의 다른 작업자에 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 작업장 오염 방지와 절삭유의 순환적 재활용 측면에서 에어건의 흡입기능을 테스트 하였다. Fig. 6은 실험 결과를 나타낸 것이다. 그 결과 흡입에 소요된 시간은 평균 92.6s이며, 일반적인 유량단위로 환산하면 0.002699m³/s로써 흡입기능이 양호하다는 것을 확인하였다.



[그림 6] 절삭유 흡입을 위한 테스트
[Fig. 6] Test for suction of cutting oil

3.2 세제 대상

목형 또는 합성수지를 피삭재로 하여 절삭가공을 하면 분말 또는 분진의 칩을 발생시킨다. 이와 같은 경우에도 에어건의 분사기능 사용은 분말 또는 분진 형태의 칩을 작업장 공기 중에 부유시켜 작업장 오염 및 작업효율을 악화시킬 수 있다. 최근, 생산이 증가 추세에 있는 CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastic)와 같은 탄소섬유를 절삭가공하면 그 칩은 분진형태로 발생된다. 이때 미세 칩은 단 시간의 절삭가공에도 공기 중에 부양되고 칩이 인체에 박히게 되어 피부 손상을 유발시킬 수 있다. 그러므로 CFRP를 절삭가공하는 경우에는 작업자의 안전을 위해 분진마스크와 보안경의 착용이 반드시 요구된다.



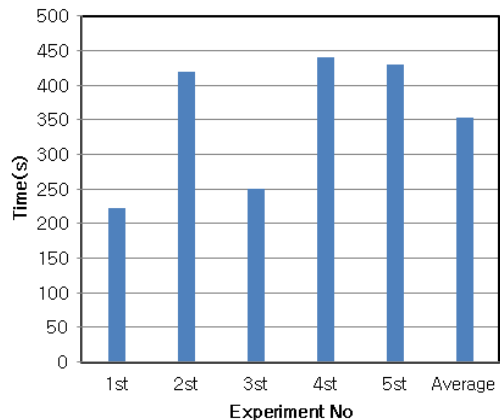
[그림 7] 세제 흡입을 위한 테스트
[Fig. 7] Test for suction of powder cleanser

이와 같이 CFRP를 절삭가공 할 때에도 에어건의 분사 기능 사용은 미세 칩을 공기 중에 분산시켜 작업환경 및

작업자의 안전을 위협하므로 흡입기능의 사용을 요구한다. 본 연구에서는 이와 같은 경우를 가정된 분말 형태의 가정용 세제를 대상으로 에어건의 흡입기능을 테스트하였다. Fig. 7은 실험 결과를 나타낸 것이다. 그 결과 흡입에 소요된 시간은 평균 89.2s, 0.002803m³/s로써 흡입기능이 양호하다는 것을 확인하였다.

3.3 강구 대상

본 연구에서는 에어건의 사용 범위 확대를 위한 목적으로 3.2mm 강구를 대상으로 흡입 성능을 실험하였고 그 결과를 Fig. 8에 나타내었다. Fig. 8의 첫 번째와 세 번째 실험에서는 강구가 무난하게 흡입되었으나 나머지 실험에서는 흡입 중 강구의 병목현상으로 원활한 흡입기능을 발휘하지 못하였다. 이것은 강구가 일정 간격으로 흡입되는 것이 아니라 한꺼번에 강구가 흡입되면서 원활한 흡입기능의 저해를 초래하였기 때문이다.



[그림 8] 강구 흡입을 위한 테스트
[Fig. 8] Test for suction of steel ball

4. 결 론

본 연구에서는 산업현장에서 효율적으로 사용할 수 있도록 흡입과 분사기능이 모두 가능한 에어건을 국내 최초로 개발하였다. 현재 사용되고 있는 에어건의 대부분이 중국산임을 고려할 때 본 연구에서 개발한 에어건은 매우 획기적으로 고급화시킨 제품으로 더욱 경쟁력을 갖출 것으로 사료된다. 본 연구에서 도출한 결론은 다음과 같다.

- (1) 압축공기의 흡입과 배출이 모두 가능한 에어건의 개발에 성공하였다.
- (2) 각각 사용하였던 분사용 에어건과 흡입용 에어건

을 하나로 일체화 시켰으므로 작업을 위한 리드타임 감소와 생산성 향상에 기여할 수 있다.

- (3) 분진 형태의 칩으로 인한 호흡기 질환 등 작업자의 안전에 기여할 수 있다.
- (4) 흡입과 분사기능을 모두 필요로 하는 제품개발에 파급효과가 있다.

References

- [1] Kim, J. H., Choi, H. K., Kim, K. D., "Development of a Air-jet Water Sprayer for Dust Generation Control in the Production Sites of Gloves Making Plants", J. Korean Society of Industrial Application, Vol.12, No.2, pp. 69-78, May, 2009.
- [2] Park, S. S., Shin, H. S., Choi, K., "Steel Ball Penetration Behavior of Mg-Alloy Sheets using Air-gun", Proceeding of KSME Autumn Conference, pp. 228-230, 2012.
- [3] Cho, C. S., Kim, J. D., Kim, K. H., Gwon, J. H., "A Study on Performance Improvement of Air gun of Grain Sorter", Proceeding of the KSPE Spring Conference, pp. 365-366, 2010.
- [4] Yoon, G. S., Lee, Y. H., Heo, Y. M., Seo, T. I., Choi, G. U., "Development of Air-powered Handpiece for Surgical Operation" Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 21, No. 3, pp. 188-193., March, 2004.
- [5] Seo, M. K., Park, J. S., So, W. S., Jung, J. H., "Dry system optimum design simulation program development that use air spray nozzle", Theories and Applications of Chem. Eng., Vol. 11, No. 2 1820, pp. 1820-1823, 2005.
- [6] Lim, C. M., Lee, H. J., Noh, S. H, Lee, K. H., Kim, H. D., Chun, D. H., "A Computational Study of the Main Nozzle Flow in a Air Jet Loom", Proceeding of the KSME Autumn Conference, pp. 15-16, 2006.

정 석 민(Seok-Min Jeong)

[정회원]

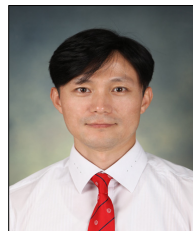


- 2011년 2월 : 한국산업기술대학교 산업대학원 기계설계공학과 수료
- 2010년 6월 ~ 현재 : 뉴대경 R&D(주) 대표이사

<관심분야>
제품설계 및 개발

장 성 민(Sung-Min Jang)

[정회원]



- 2000년 2월 : 숭실대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2004년 8월 : 인하대학교 기계공학과 (공학박사)
- 2009년 3월 ~ 2010년 2월 : (주) 정일기계 연구소장
- 2012년 1월 ~ 현재 : 조선이공대학교 선박해양기계과 교수

<관심분야>
정밀가공, 구조설계, ASME, AWS, 실험계획법