



## 2. 본론

### 2.1 실험 장치 및 실험 방법

실험 장치 구성은 그림 2을 통하여 확인할 수 있다. 반자동 용접 실험장치, 포집채, 용접기로 구성되어있으며, 용접 모재는 두께 9mm의 철판, 용접봉은 두께 2.6mm의 CR-13을 사용하였다. 실험 장치의 주요 계측 사항은 표 1와 같다. 실험 결과의 신뢰성 향상을 위하여 전류 변화 80 ~ 150 A, 작업 시간 30 ~ 70 s로 각 조건에서 3회 반복 실험을 수행하였다.



[그림 2] The Schematic Diagram of welding equipment setup showing the SMAW electrode and Base Metal

[표 1] Compartment and Experiment Specification

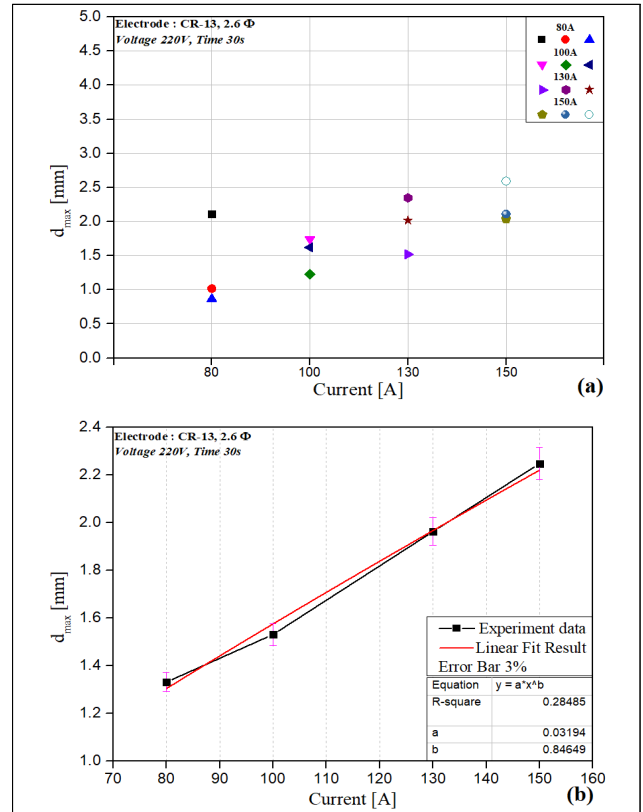
Measurement	Specification
Welding Machine	Model : Rolwal MMA-200E Power voltage : 220 V Rated input capacity : 7 KVA Actual output current : 20~220 A Efficiency : 60 % No-Load voltage : 65 V
Collector	Size : 500x460x640 mm

### 2.2 실험 결과

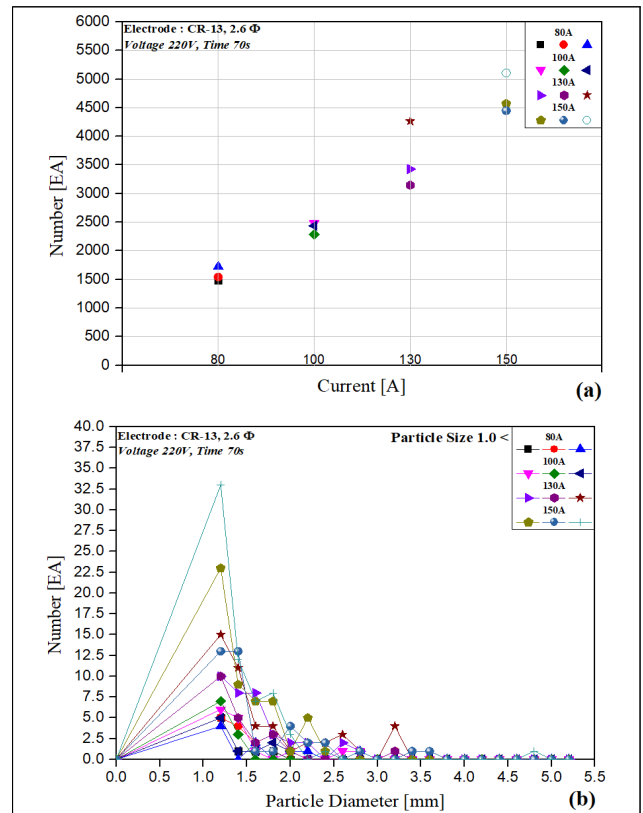
그림 3은 용접기의 전압 220 V, 작업 시간 30s 조건에서 각 전류에 따라서 발생한 최대 입자 크기를 나타낸 결과이다. 그림에서 보듯이 전류 및 작업 시간의 증가에 따라 입자크기가 비례적으로 증가하는 것을 확인할 수 있다. 그림 3(a)을 통하여 작업 시간 30s, 작업 전류 150 A 일 때 최대 직경 2.6mm의 입자가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 또한 동일한 조건에서 인가 전력과 최대 입자 크기는 그림 3(b)을 통하여 식 1과 같이 나타낼 수 있다.

$$d_{max} = 0.03194 \times I^{0.84649} \quad (1)$$

여기서  $I$  는 인가 전류이며 앞서 언급한 실험 조건과 R-square 0.28485인 조건에서 3% 이내의 편차를 갖는다.



[그림 3] Maximum particle size results according to experimental conditions



[그림 4] Results of Welding Spatter Generation under Experimental Conditions

그림 4은 용접기의 전압

220 V, 작업 시간 70s 조건에서 각 전류에 따라서 작업 지점 주위로 비산된 입자의 개수를 나타낸 결과이다. 작업 시간 및 인가 전류에 따라서 용접 속도가 달라지며, 그 결과 그림 4(a)와 같이 불티 발생량이 증가한다.

또한 미립자를 제외한 1mm 이상의 입자 크기 분포 결과 그림 4(b)과 같이 나타났으며, 150 A 조건에서 직경 1mm 이상의 입자가 65개로 가장 많이 나타났다.

### 3. 결론

본 연구에서는 피복 아크 용접 시 작업 조건에 따라서 불티 입자 특성이 화재 확산에 미치는 영향을 분석하기 위한 기초 연구로 아크 용접기를 사용하여 용접 작업 시 입자의 크기 분포를 측정하였으며 본 연구를 통하여 산출된 결론은 다음과 같다.

첫째, 용접 작업의 입력 전류와 시간이 증가함에 따라 불티 입자의 크기 분포는 증가하며, 특히, 전압과 전류가 220V, 80~150A, R-square 0.28485인 조건에서 3% 이내의 편차를 갖는 것으로 나타났다.

둘째, 동일한 전력 조건에서 작업시간이 증가할 때 불티 발생량이 증가하는 것으로 측정되었다. 이는 작업지점 주위의 온도가 증가하여 용접봉의 용융을 촉진시켜서 불티 발생량이 증가하는 것으로 사료된다. 향후 불티의 비산 온도, 모재 및 용접봉 온도 그리고 입자 크기의 상관관계의 분석이 필요할 것으로 판단되며, 본 연구의 결과는 크기분포를 산출하여 불티 입자 비산에 따른 화재 위험성을 정량적으로 평가하는데 유용할 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업(19CTAP-C151893-01)의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

[1] Narasimhan, P.N, "Development of hybrid welding

processes incorporating GMAW and SMAW", ICMPC, Vol. 18, Part 7, pp. 2924-2932, 2019.

- [2] Janusas, G, "Static and vibrational analysis of the GMAW and SMAW joints quality", Journal of Vibroengineering, Vol. 14, Part 3, pp. 1220-1226, 2012.
- [3] Timothy, P.Q, "A melting rate and temperature distribution model for shielded metal arc welding electrodes", Journal of Materials Science, pp. 532-538, December, 1997.
- [4] Messler, R.W, "Principles of Welding: Processes, Physics, Chemistry, and Metallurgy", Wiley: Hoboken, NJ, USA, 2008.
- [5] DuPont, J.N, "Welding Metallurgy and Weldability of Nickel-Base Alloys", Wiley, Hoboken, NJ, USA, 2009.
- [6] Weman, K, "Welding Processes Handbook", Cambridge Woodhead Publishing, Cambridge, UK, 2003.
- [7] Mikkelsen, K, "An Experimental Investigation of Ignition Propensity of Hot Work Processes in the Nuclear Industry", Master's thesis, University of Waterloo, Waterloo, ON, Canada, 2014.
- [8] Song, J, "Safety distance for preventing hot particle ignition of building insulation materials", Journal of Theor. Appl. Mech. Lett, Vol. 4, Part 3, 2014.
- [9] Hagimoto, N, "Scattering and Igniting Properties of Sparks Generated in an Arc Welding", In Proceedings of the 6th Indo Pacific Congress on Legal Medicine and Forensic Sciences, Kobe, Japan, pp. 26-30, July, 1998.
- [10] 이성룡, "용접·절단 작업시 화재 위험성에 관한 실험적 연구", 한국화재소방학회, 제 26권, 3호, pp. 60-66, 2012년.
- [11] Shin, Y.J, You, W.J, "Analysis of the Thermal Characteristics of Welding Spatters in SMAW Using Simplified Model in Fire Technology", Journal of Energies. MDPI, Vol. 13, Part. 9, May, 2020.