

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2023.9.1.605>

JCCT 2023-1-74

가동 철심형 용접기와 정현파를 출력하는 디지털 용접기의 3점식 굽힘시험을 이용한 용접성 비교 분석

Comparative analysis of weldability using a three-point bending test of a movable iron core welder and a digital welder that outputs a sine wave

김종식*, 이광호**, 주이환***, 고종철****, 윤경열*****

Jong-Sig Kim*, Kwang-Ho Lee**, Yi-Hwan Joo***,
Jong-Chul Koh****, Gyeong-Yeol Yun*****

요약 본 연구에서는 자연환경에 영향을 주는 에너지를 절감하기 위해 피복아크용접에서 가동철심형 용접기와 전력 사용량이 적은 디지털 용접기(인버터 방식)를 비교하여 전력 사용은 적으며 용접성은 동일한 조건을 갖춰야 하는 부분을 확인하고자 한다. 가동철심형 용접기는 정현파를 출력하는 교류를 사용하며 디지털 용접기 또한 정현파 교류를 발생시켜 동일 조건을 갖추고 전력사용량은 적으며 같은 용접성을 갖추어야 한다. 다만 용접성은 다양하게 검증할 수 있으나 국가기술자격 용접 분야의 자격시험으로 한정하여 분석하고자 한다.

주요어 : 3점 굽힘시험, 피복아크용접, 가동철심형 용접기

Abstract In this study, in order to reduce energy that affects the natural environment, a moving iron core type welding machine and a digital welding machine (inverter type) with low power consumption are compared in shielded arc welding, and the parts that use less power and have the same weldability conditions are identified. want to check. The movable iron core welder uses alternating current that outputs a sine wave, and the digital welder also generates a sine wave alternating current, so it must have the same conditions, low power consumption, and the same weldability. However, weldability can be verified in various ways, but the analysis is limited to the qualification test in the field of national technical qualification welding.

Key words : 3-point Bending Test, SMAW, Movable Iron Core Welding Machine

*정희원, 한국폴리텍대학 충주캠퍼스 로봇특수용접과 조교수 (제1저자)

**정희원, 한국폴리텍대학 충주캠퍼스 로봇특수용접과 조교수 (참여저자)

***정희원, 삼성중공업 해양Hul설계팀 과장 (참여저자)

****정희원, 포스텍(주) 총무부 대표이사 (참여저자)

*****정희원, 한국폴리텍대학 홍성캠퍼스 스마트융합설비과
조교수 (교신저자)

접수일: 2022년 11월 30일, 수정완료일: 2023년 1월 5일

게재확정일: 2023년 1월 9일

Received: November 30, 2022 / Revised: January 5, 2023

Accepted: January 9, 2023

*****Corresponding Author: welder7016@kopo.ac.kr

Dept. of Smart Convergence Engineering, Korea Polytechnics

I. 서 론

최근 30년 동안 전 세계 인구수 및 에너지소비량이 지속적으로 증가하고 있다.^[1] 그래서 용접 분야 또한 에너지 소모량이 많은 부분부터 점차 줄여나가는 방법을 도모하여야 한다. 하지만 교육 현장에서는 가동 철심형 용접기의 사용으로 많은 전력을 소모하고 있다. 가동 철심형 교류아크용접기는 기계적으로 구동되는 가동 철심을 이용하여 누설 자속의 크기를 조절함으로써 2차 전류의 크기를 제어하는 구조이다. 이러한 구조로 텀 전환형에 비하여 미세한 전류를 연속적으로 조절할 수 있어 교육 현장에서 많이 사용된다.^[2] 그리하여 인버터 구형파를 이용하여 에너지 절감을 시도하지만, 용접사가 파형 변화에 따른 용접성에 대한 인지적 신뢰(cognitive trust)가 부족하여 인버터 정현파를 갖는 용접기를 개발하게 되었고 가동 철심형 용접기와 인버터 정현파를 출력하는 용접기의 용접성에 대하여 분석하고자 한다. 다만 용접성은 국가기술자격 용접 분야의 용접 평가 방법으로 진행하여 용접성을 평가하고자 한다.^{[3][4]}

II. 본 문

2.1 시료

용접재료는 국가기술자격 시험에 사용되는 SS275 (KSD3503) 강재를 사용하고 고려용접봉에서 생산되는 E4316 (KSD7004) 용가재를 사용하였으며, Table 1에 용접 모재의 화학성분을 나타내었다.

표 1. 모재의 화학성분

Table 1. Chemical composition of the base material

재료	C	Si	Mn	P	S
SS275 (SS400)	≤0.25	≤0.45	≤1.40	≤0.050	≤0.050

2.2 실험장비

용접 장비는 동일한 제조사의 것을 사용하였으며, 1차측 입력 전원은 단상 220[V]이며 최대 출력 전류가 300A인 Figure 1의 장비를 이용하였다. 그리고 주변의 영향을 받지 않기 위해 독립된 공간에서 용접 장비를 사용하였다.



movable iron core welding machine

Digital welding machine (outputs sine wave)

그림 1. 용접 장비

Figure 1. welding machine

각 용접기의 용접 전류 모니터링(WTS-1500W)을 위한 장비는 Figure 2와 같다.



그림 2. 용접 모니터링 장비

Figure 2. Weld monitoring equipment

2.3 용접 이음

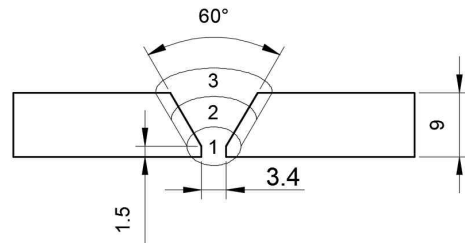


그림 3. 용접 이음 형상

Figure 3. Weld joint detail shape

용접 시험편의 제작 방법은 국가기술자격 용접기능사와 동일하게 그라인더를 사용하지 않고 용접하여 총 8개의 시험편을 수직 자세 수동용접으로 제작하였다. 1~4번 시험편은 가동 철심형 용접기를 사용하였고, 5~8번 시험편은 정현파를 출력하는 디지털 용접기를 사용

하였다. 모재의 형상은 국가기술자격을 기준으로 가공하였으며 용접의 길이는 150[mm]이고 3층으로 용접하였다. 용접 이음 상세 형상은 Figure 3에 나타내었다.

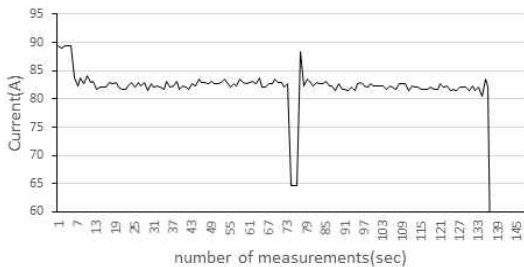
2.4 용접

용접 시험편은 양끝단에 가용접을 한 후 1층 용접을 진행하였다. 전류는 가동 철심형의 경우 수하특성으로 인해 아크 길이가 변하면 전압이 변동되고 전류가 변하게 된다. 이 부분을 감안하여 아크 길이가 항상 최대한 비슷하도록 용접을 진행하였다. 디지털 용접기의 경우 출력 전류를 검증하여 출력값을 일정하도록 제어하는 부분이 있으나 가동 철심형 용접기와 같이 아크 길이가 항상 같도록 용접을 진행하였다. 용접 전류에 대한 부분을 용접 모니터링 장비를 이용하여 용접 중의 전류를 측정하였으며, Figure 4에 나타내었다. 1층 용접 전류 모니터링 조건을 각각의 Figure 4에 나타내었다.

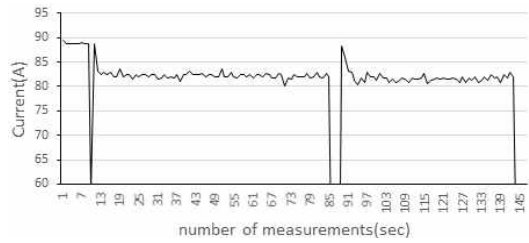
용접 전류 선정은 용융지의 크기와 완전용입을 기준으로 선정하였고 그라인더를 사용하지 않는 부분을 고려하여 용접결함이 발생 되지 않도록 설정하였다. $\varnothing 3.2$ 의 용가재를 사용하여 용접선 중간에서 봉 이음을 진행하였다.

1층 용접은 실제 용접 전류를 기준으로 하여 82A로 용접하였다. Figure 4 (b)시험편에서 1~13초의 측정값이 90[A]가 나오는 이유는 가동 철심형 용접기의 경우 일반적으로 단락 전류를 측정하고, 시작할 때 단락시킨 상태에서 아크를 발생시켜 일시적으로 높게 나오면 아크를 발생시키면 수하특성으로 인해 본 용접 전류가 출력된다. 측정값 75에서 85초는 봉 이음을 하는 과정에서 전류가 차단되고 수하특성으로 인해 높은 전류가 측정된다.

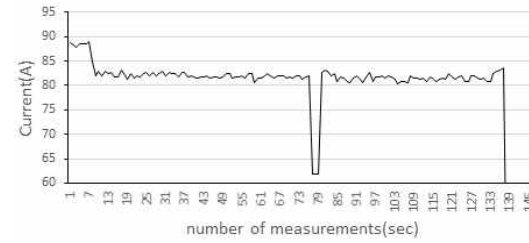
Figure 5는 정현파를 출력하는 용접기로 용접 전류 데이터를 나타낸 것이다. 전류는 동일하게 82[A]로 용접하였다. 가동 철심형 용접기와 다르게 아크를 발생시킬 때 급격히 전류가 증가하는 것이 없다.



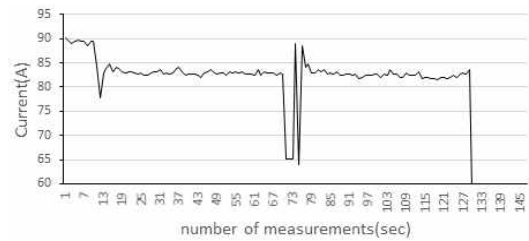
(a) Specimen 1



(b) Specimen 2

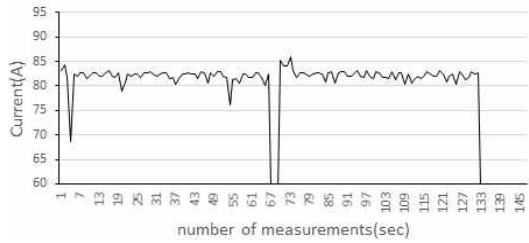


(c) Specimen 3

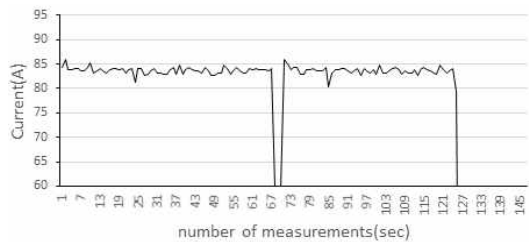


(d) Specimen 4

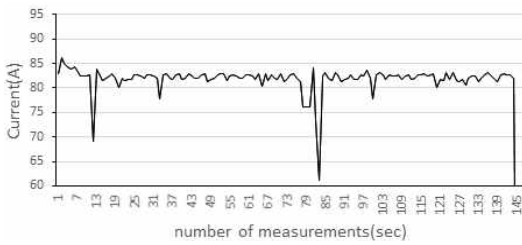
그림 4. 가동철심형 용접기 1층 용접 전류 측정
 Figure 4. movable iron core welding machine 1st layer current measurement



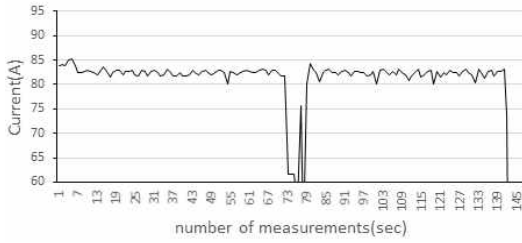
(a) Specimen 5



(b) Specimen 6

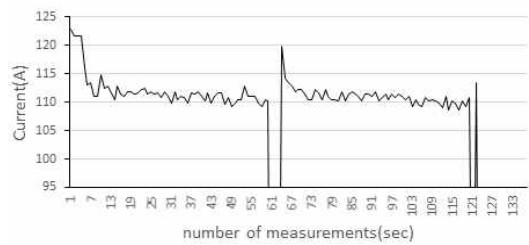


(c) Specimen 7

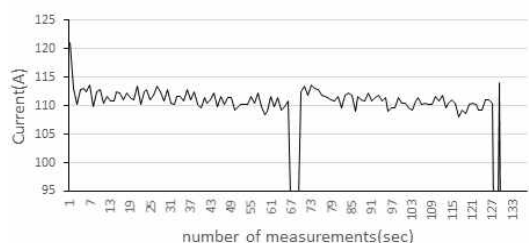


(d) Specimen 8

그림 5. 사인파를 출력하는 디지털 용접기 1층 용접 전류 측정
Figure 5. digital welding machine outputting sine wave 1st layer current measurement



(c) Specimen 3

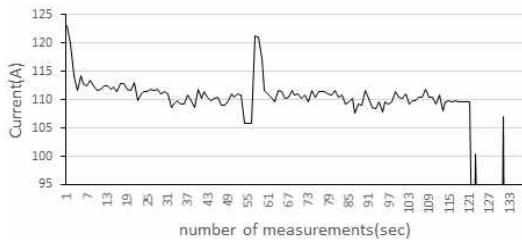


(d) Specimen 4

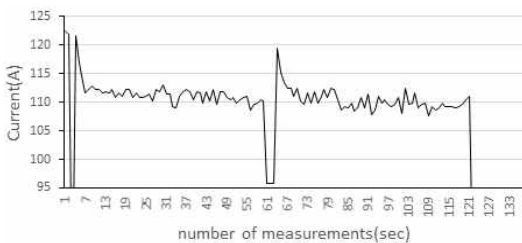
그림 6. 가동철심형 용접기 2층 용접 전류 측정
Figure 6. movable iron core welding machine 2st layer current measurement

Figure 6은 가동 철심형 용접기로 2층 용접의 전류 데이터를 나타낸 것이다. 용접 전류는 112[A]로 용접하였다. 측정값 55에서 73초는 봉 이음을 하는 과정에서 전류가 차단되고 용가재를 단락시켜 시작하면서 높은 전류가 측정된다.

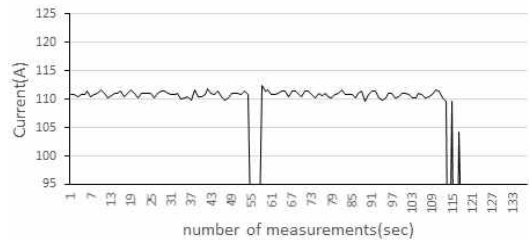
Figure 7은 정현파를 출력하는 용접기로 2층 용접의 전류 데이터를 나타낸 것이다. 용접 전류는 112[A]로 용접하였다.



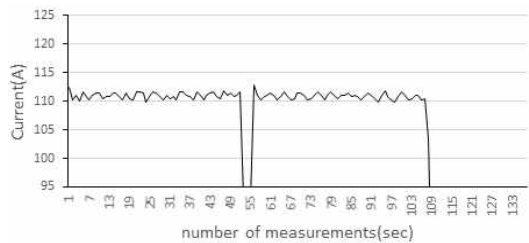
(a) Specimen 1



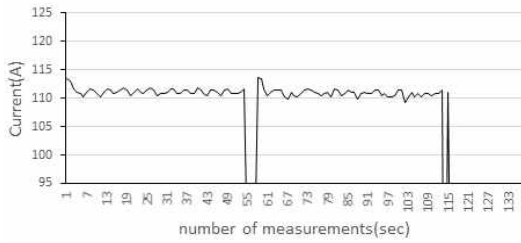
(b) Specimen 2



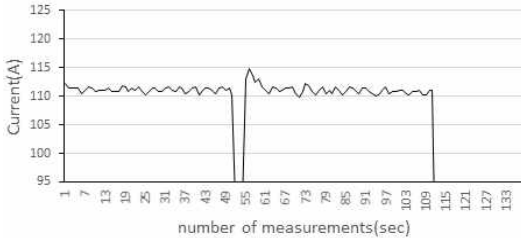
(a) Specimen 5



(b) Specimen 6



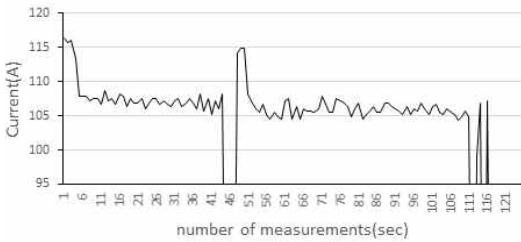
(c) Specimen 7



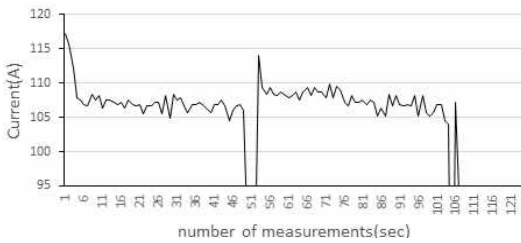
(d) Specimen 8

그림 7. 사인파를 출력하는 디지털 용접기 2층 용접 전류 측정
 Figure 7. digital welding machine outputting sine wave 2st layer current measurement

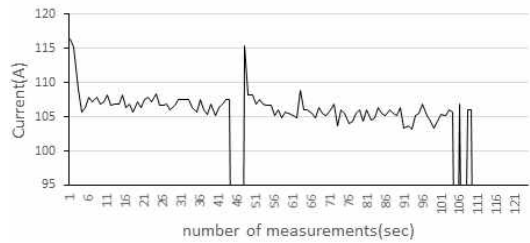
Figure 8은 가동 철심형 용접기로 3층 용접의 전류 데이터를 나타낸 것이다. 용접 전류는 105[A]로 용접하였다. 측정값 41에서 61초는 봉 이음을 하는 과정에서 전류가 차단되고, 용가재를 단락시켜 시작하면서 높은 전류가 측정된다.



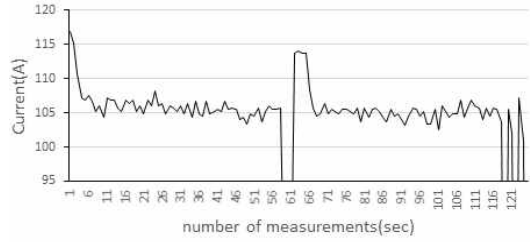
(a) Specimen 1



(b) Specimen 2



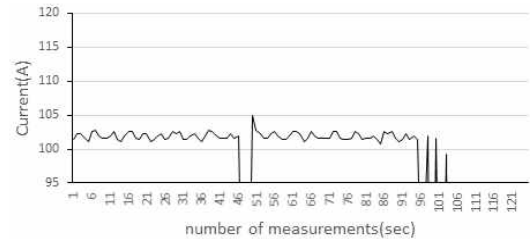
(c) Specimen 3



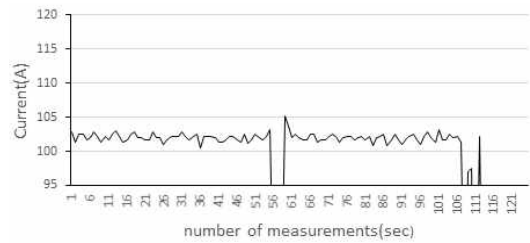
(d) Specimen 4

그림 8. 가동철심형 용접기 3층 용접 전류 측정
 Figure 8. movable iron core welding machine 3st layer current measurement

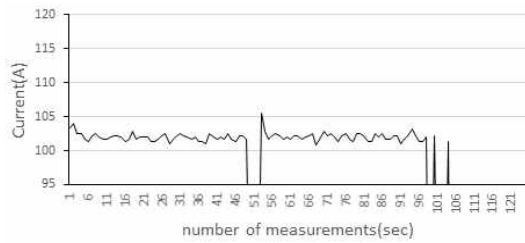
Figure 9는 정현파를 출력하는 용접기로 3층 용접의 전류 데이터를 나타낸 것이다. 용접 전류는 105[A]로 용접하였다.



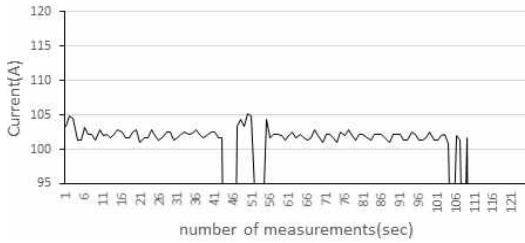
(a) Specimen 5



(b) Specimen 6



(c) Specimen 7



(d) Specimen 8

그림 9. 사인파를 출력하는 디지털 용접기 3층 용접 전류 측정
Figure 9. digital welding machine outputting sine wave 3st layer current measurement

위 용접 전류 데이터를 참고하면 시험편의 용접 조건이 동일한 기준으로 제작된 것을 알 수 있다. 다만 전류가 5[A]의 변수가 있는 부분은 수동용접으로 진행하는 과정에서 용가제를 조작과정의 오차범위에 있다고 할 수 있다. Figure 10은 용접이 완료된 시험편을 나타내었다.



그림 10. 용접 시험편
Figure 10. weld specimen

2.5 검사

용접성의 검증과정으로 용접부 검사는 국가기술자격 용접기능사에 적용하는 방법으로 굽힘시험을 하였다. 시험 방법은 3점식 굽힘 시험기를 이용하여 진행하였으며, Figure 11은 3점식 굽힘 시험기를 나타내었다.



그림 11. 굽힘 시험기
Figure 11. Weld bending test machine

굽힘시험의 시험편의 국가기술자격 용접 분야의 규정으로 진행하였고, Figure 12는 3점식 굽힘시험을 진행한 시험편을 나타내었다.

굽힘시험을 진행한 시험편을 침투탐상검사를 진행하였으며, KS B 0816(침투탐상시험 방법 및 침투지시 모양의 분류)의 규정을 적용하여 검사를 진행하였다. 침투탐상검사 결과 모든 시험편에서 용접결함이 없는 것을 확인할 수 있다.

Figure 13은 침투탐상검사 완료된 시험편을 나타내었다.

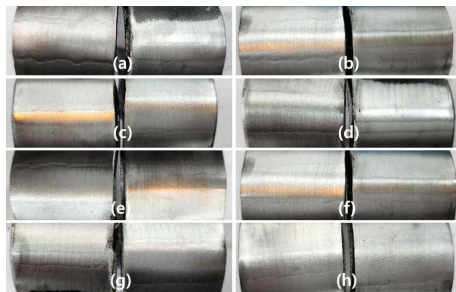


그림 12. 굽힘 시험편
Figure 12. bending specimen

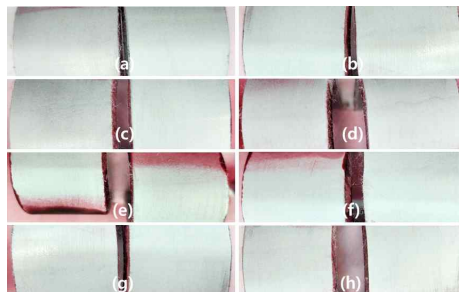


그림 13. 침투탐상검사 시험편
Figure 13. Penetration test specimen

III. 결론

본 연구에서는 가동 철심형 용접기와 정현파를 출력하는 디지털용접기의 용접성에 대해 실험을 살펴보았다. 국가기술자격 용접 분야의 용접 평가 방법으로 진행하여 평가를 진행하였으며, 실험적으로 검증된 용접 기별 용접성 테스트 결과는 다음과 같다.

1. 용접 전류모니터링 장비를 이용하여 시험편의 용접 조건이 동일하게 제작된 것으로 판단 될 수 있으며, 가동 철심형 용접기의 수하특성을 확인할 수 있었다.
2. 가동 철심형 용접기와 정현파를 출력하는 디지털 용접기로 제작한 용접부의 굽힘시험과 용접성도 양호하다고 판단된다.
3. 3점식 굽힘시험 결과 용접결함 발생 되지 않아 용착금속과 열영향부의 연성은 양호하다고 판단 된다.
4. 가동 철심형 용접기는 단락 전류로 설정하고 정현파를 출력하는 디지털 용접기에서는 실제 용접 전류를 설정해야 하는 부분에서 일부 혼란이 발생 될 수 있다.
5. 모니터링으로 용접 전류를 측정한 결과 정현파를 출력하는 디지털 용접기가 가동 철심형에 비하여 전류의 변동이 작다고 판단된다.

[4] Jung, Sang-Chul, Choi, Sung-Woo.(2016). A study on Improvement in evaluation method of practical skill test of national technique qualification of Master Craftsman Welding based on NCS. Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society 17(2), 596-600. DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2016.17.2.596>

References

- [1] Su-Jin Ha, Ji-Hyeok Choi, Sang Jin Oh.(2022). Technology Competitiveness Analysis of New & Renewable Energy in Major Countries.New & Renewable Energy, 18(3), 72-84. DOI: <https://doi.org/10.7849/ksnre.2022.0022>
- [2] Jae Ho Nam, Tae-Yong Kuc, Young Hak Jang.(1996).Analysis of AC Arc-Welders Using FEM. Proceedings of the Korean Society of Electrical Engineers Conference, (), 53-55.
- [3] National Competency Standards in Korea Government. (2018). [National Competency Standards in Korea Government] (Development of 2018 NCS-based National Technical Qualification Practical Test Evaluation Method) welding field : welding master.National Library of Korea Linked data, (15), 0-0.