https://doi.org/10.7735/ksmte.2024.33.3.126

J. Korean Soc. Manuf. Technol. Eng.
ISSN 2508-5107(Online)

Check for updates

OECD 국가별 아크용접로봇과 저항스폿용접로봇의 최소자승법에 관한 연구

안덕현[a], 김옥환[b,*]

Study on Ordinary Least Squares Method of Arc Welding Robot & Resistance Spot Welding Robot By OECD Countries

Duck-Hyun An[a], Ok-Hwan Kim[b,*]

[a] *Graduate school of Mechanical Engineering, Kongju National University*
[b] *Mechanical Engineering, Kongju National University*

ARTICLE INFO

Article history:
Received 22 April 2024
Revised 23 May 2024
Accepted 27 May 2024

Keywords:
Arc welding robot
Resistance spot welding robot
OECD countries
Time series analysis

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the average annual market growth rate of welding robots currently being performed worldwide using the least square method for arc welding robots and resistance spot welding robots by OECD countries. To conduct this study, we will compare and analyze the differences between arc welding robots and resistance spot welding robots in OECD countries such as the US, EU, Japan, China, and Korea. The global welding robot market is dominated by arc welding robots and resistance welding robots, and resistance welding robots have a relative advantage over arc welding robots, and the gap between the two welding robot markets is gradually widening. In particular, we review existing studies on welding robots in OECD countries, analyze them by applying the least square method of time series analysis, diagnose the problems of existing studies, and suggest future research directions.

1. 서 론

1.1 용접로봇 기술개발 및 전망에 대한 연구배경

Business research insights의 연구에 따르면, 현재 전 세계 산업용 용접로봇 시장은 연평균 성장률(CA GR)이 5.3%로 성장하고 있으며, 2022년에 산업용 용접로봇 시장규모는 9억 3,414만 달러이며, 2032년까지 15억 6,141만 달러가 예상됨으로 지속적인 성장률이 기대되는 산업이다[1]. Chodha, V. et al.의 연구에 따르면, 글로벌 용접로봇 기술은 아크 용접로봇, 저항 용접로봇, 스폿 용접로봇 등이 용접로봇 기술이 세계 시장을 선도하고 있으며, 이 중에서 아크 용접로봇, 저항 용접로봇에 대한 기술개발에 용접로봇 선진국들이 경쟁적 우위를 유지하기 위해서 집중적인 투자를 하고 있는데[2], 특히 Muduli, K. et al.은 미국, EU, 일본, 중국, 한국 등의 국가가 용접로봇 기술에 대한 연구개발을 집중해서 용접로봇 시장을 선도하고 있다는 점을 제시하였다[3].

사물형인터넷(IoT)는 기본적으로 모든 것을 인터넷과 서로 연결하고 기계로 인간 지능을 시뮬레이션하는 개념과 관련이 있으며, 현재 많은 자동 용접 기계가 컴퓨터에 연결되어 있고 완전히 네트워크로 연결되어 있어서 용접로봇도 네트워크와 정기적으로 인터페이스가 가능하게 된다. Sonar, T. et al.의 연구에 따르면, 용접 부문의 미래 IoT 기술은 시스템이 인터넷에 연결되어 있지 않더라도 기능을 제어하고 모니터링하는 것이 매우 유리하기

* Corresponding author. Tel.: +82-41-521-9248
E-mail address: owkim@kongju.ac.kr (Ok Hwan Kim).

때문에 IoT를 용접산업에 도입하면서 용접로봇 기술에 발전 가능성이 더 크게 되었다[4].

인공지능(AI)은 인간의 지능을 기계, 특히 컴퓨터로 시뮬레이션 하는 것인데, 여기에는 데이터 수집 및 데이터 활용 규칙, 확실하거나 확실한 결과에 도달하기 위한 규칙 활용 및 자기 수정이 가능하기 때문에 용접산업에 AI가 도입됨으로 인해서 용접로봇 기술은 학습, 논리, 자기수정이 가능하게 된다. Wang, B. et al.의 연구에 따르면, AI는 다양한 유형의 기술에 통합되면서 용접 산업 4.0의 요구 사항을 준수하는 데 중요한 역할을 하게 되며, 특히 AI는 IoT는 용접로봇 시장의 발전에 기여할 전망이다[5].

본 연구는 전 세계 용접로봇 시장을 선도하고 있는 미국, EU, 일본, 중국, 한국 등의 OECD 국가들을 대상으로 글로벌용접로봇(GWL), 아크용접로봇(AWL)과 저항스폿용접로봇(RSWL)에 대한 선행연구들을 검토하였다. 본 연구에서 글로벌용접로봇은 아크용접로봇과 저항스폿용접로봇으로 정의하며, 시계열분석 중에 하나인 최소자승법(ordinary least Squares)을 적용하여 OECD 국가별로 글로벌용접로봇 시장에 대한 계량분석을 수행함으로써 기존 연구의 문제점을 진단함과 동시에 향후 연구방향을 제시하고자 한다.

1.2 아크용접로봇과 저항용접로봇과 관련된 용접산업의 연구 동향

전 세계 용접로봇 시장은 아크용접로봇과 저항용접로봇이 시장을 선도하고 있는 상황이며, 저항용접로봇이 아크용접로봇에 비해 상대적 우위에 있으며, 두 용접로봇 시장 간의 격차는 점차 벌어지고 있는 추세이다. Lee, S. et al.의 연구에 따르면, 지난 2009년부터 2021년까지 12년 간의 용접로봇 시장의 연평균성장률을 보면 저항용접로봇이 동기간 중에 11.4%로 아크용접로봇 9.1%보다 더 높은 증가율을 나타내고 있다[6].

이는 저항용접로봇의 자동화 경향이 아크용접로봇보다 우세하기 때문이며, 특히 자동차산업의 자동화 추세가 제고됨에 따라 용접로봇시장에도 이러한 변화가 반영된 것으로 보인다. Liu, Z. et al.은 OECD 국가들 중에서 미국과 EU는 전 세계 저항용접로봇 시장을 선도하고 있는 추세이며, 중국은 2017년에 다른 OECD 국가들보다 높은 저항용접로봇과 아크용접로봇 시장에 대한 기술개발과 투자에 높은 증가율을 보인다는 점을 제시하였다[7].

Xu, T. et al.의 연구에 따르면, 최근에 용접기술의 흐름을 보면, 레이저 용융 불활성 가스 하이브리드 용접, 가스 금속 아크 용접, 텅스텐 불활성 가스 용접 및 저항 점 용접과 같은 최근 용접 기술은 자기장을 용접기술에 접목한 연구들인데, 이 실험연구에서 규명된 용접기술을 용접로봇 기술에 적용할 때 산업간 연관효과가 크게 발생할 것으로 보인다[8].

Madhavan, S. et al.의 연구에 따르면, 용접로봇 기술은 용접기술의 변화에 따라 글로벌용접로봇, 아크용접로봇과 저항스폿용접로봇 등과 관련된 용접기술이 자동차 산업과 항공산업에 적용하는 데는 시너지 효과가 있으나, 그 외에 해양산업, 건설산업, 항공우주산업 등의 분야에 용접로봇 기술을 산업별로 적용하는데 한계가 있으며[9], Kim, B. J. et al.의 연구에 따르면, 용접로봇 기술을 선도하고 있는 미국, EU, 일본, 중국, 한국 등 OECD 국가별로 용접로봇 기술의 격차가 심하기 때문에 용접로봇 산업의 발전을 위해서 컨소시움을 구축하고 용접로봇 기술에 관한 공동 R&D을 하는데 어려움이 있으며, 특히 용접로봇 기술을 해외로 이전하거나 산업현장에 적용하는데 있어서 제약이 있기 때문에 용접로봇 기술의 개발과 적용에 대한 체계적인 연구가 수행되어야 한다[10].

전 세계 용접로봇 동향에 대한 연구를 보면, Lee, S. et al.이 용접로봇과 용접력에 대한 글로벌 시장분석을 수행하였고[6], Kim, B. et al.은 글로벌 용접로봇 시장을 아크용접로봇과 저항스폿용접로봇으로 구분하여 국가별 비교분석을 수행하였다[10]. 이들의 연구는 본 연구와 같이 전 세계 용접로봇 시장에 대한 동향을 단지 용접로봇 부문별, 국가별 연간 추세를 제시한 반면에, 본 연구는 시계열분석을 사용하여 OECD 국가별 글로벌 용접로봇, 아크용접로봇, 저항스폿용접로봇 등으로 비교분석을 수행하였다는 점에서 기존 연구와 차이가 있다.

2. 본 론

2.1 통계분석 절차

2.1.1 시계열분석에 대한 연구모형

시계열분석은 시계열 데이터를 분석하고 관련 변수들 간의 인과관계를 분석하는 방법론이다. 시계열분석은 한 시점의 변수가 그 이전의 다른 변수들의 영향, 과거 오차의 영향을 받는 경우 이 시계열모형들을 사용할 수 잇다. 시계열 자료는 추세(trend), 순환(cycle), 계절변동(seasonal variation), 불규칙변동(irregular fluctuation) 등으로 구성되어 있다. 시계열 분석을 하기 전에 시계열 데이터의 계절성과 주기성, 순환성을 파악하기 위해서 분산분석과 다중비교분석을 통해서 시계열 데이터의 계절효과 여부를 확인할 필요가 있다. 시계열분석을 수행함에 있어서 데이터의 안정성을 파악하는 것이 가장 중요하며, 정상시계열은 시계열 분석의 기본이 되는 중요한 개념으로서 시계열의 평균과 분산이 일정하고 일정한 추세가 없으면 정상시계열로 보고 시계열분석을 시행한다.

2.1.2 최소자승법에 대한 연구모형

본 연구에서는 OECD 국가별 용접로봇 규모의 차이를 비교분석하기 위하여 시계열분석인 최소자승법(ordinary least squares)을 사용하여 분석하였다. 본 연구의 시계열분석은 글로벌용접로봇(GWL), 아크용접로봇(AWL)과 저항스폿용접로봇(RSWL) 등 3

개의 종속변수가 사용되었다. 또한 한국용접로봇(KOR), 중국용접로봇(CHN), 미국용접로봇(US), 일본용접로봇(JPN), 유럽용접로봇(EU), 기타용접로봇(Other) 등 6개의 설명변수 등 전체 9개의 변수가 연구모형에 포함되었다.

$$GWL_i = \beta_0 + \beta_1 KOR_1 + \beta_2 CHN_2 + \beta_3 US_3 + \beta_4 JPN_4 + \beta_5 EU_5 + \beta_6 Other_6 + \epsilon_i$$

$$AWL_i = \beta_0 + \beta_1 KOR_1 + \beta_2 CHN_2 + \beta_3 US_3 + \beta_4 JPN_4 + \beta_5 EU_5 + \beta_6 Other_6 + \epsilon_i$$

$$RSWL_i = \beta_0 + \beta_1 KOR_1 + \beta_2 CHN_2 + \beta_3 US_3 + \beta_4 JPN_4 + \beta_5 EU_5 + \beta_6 Other_6 + \epsilon_i$$

Global welding robot (GWL_i): 글로벌용접로봇 규모(단위: market 103 units)

Arc welding robot (AWL_i): 아크용접로봇 규모(단위: market 10^3 units)

Resistance spot welding robot ($RSWL_i$): 저항스폿용접로봇 규모(단위: market 10^3 units)

Korean welding robot (KOR_i): 한국용접로봇 규모(단위: market 10^3 units)

Chinese welding robot (CHN_i): 중국용접로봇 규모(단위: market 10^3 units)

American welding robot (US_i): 미국용접로봇 규모(단위: market 10^3 units)

Japanese welding robot (JPN_i): 일본용접로봇 규모(단위: market 10^3 units)

European welding robot (EU_i): 유럽용접로봇 규모(단위: market 10^3 units)

Other welding robot ($Other_i$): 기타용접로봇 규모(단위: market 10^3 units

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$: 독립변수와 통제변수의 계수 값

ϵ_i: 잔차항 (독립변수와 통제변수에서 설명하지 못하는 값)

2.2 통계분석 결과

2.2.1 기술통계량

자료는 2009년도 1분기부터 2021년 4분기까지 글로벌 용접 로봇과 관련된 분기별 시계열 데이터(quarterly time series data)를 활용하였다.[1] 종속변수 중에서 글로벌용접로봇(GWL)의 평균값이 56.1538 market 103 units, 아크용접로봇(AWL)의 평균값이 28.6153 market 103 units, 저항스폿용접로봇(RSWL)의 평균값이 25.0769 market 103 units 등으로 각각 분석되었다. 설명변수인 OECD 국가별 용접로봇 규모를 비교하면, 미국(US)의 평균값이 12.1923 market 103 units으로 가장 높은 값을 보였고, 그 다음으로 중국(CHN)의 평균값이 12.0384 market 103 units, 유럽(EU)의 평균값이 9.6615 market 103 units, 일본(JPN)의 평균값이 6.6384 market 103 units, 한국(KOR)의 평균값이 3.7923 market 103 units 순으로 차이를 보였다. 이 외에 기타(Other)의 평균값이 11.2692 market 103 units로 분석되었다. 본 연구의 시계열분석(time series testing)에 투입될 6개의 설명변수와 3개의 종속변수는 최소자승법(ordinary least squares) 모형을 추정하는데 유의한 변수로 나타났다.

[1] 신신㈜의 "welding market annual research & trend"의 2009-2021 자료[단위:market 10^3(10의3승) units]

Table 1 Result for descriptive statistics

Classification	Min	Max	M	S.D	Jarque-Bera
GWL	20.0000	75.0000	56.1538	17.20	5.6027
AWL	10.0000	42.0000	28.6153	9.4270	2.3936
RSWL	10.0000	34.0000	25.0769	6.2617	8.4693
KOR	2.0000	5.0000	3.7923	0.9451	2.7583
CHN	3.0000	19.0000	12.0384	4.6587	2.9925
US	4.0000	16.0000	12.1923	3.7182	7.5436
JPN	3.5000	10.0000	6.6384	2.1197	3.2027
EU	5.0000	12.0000	9.6615	1.7886	20.8187
Other	4.0000	17.0000	11.2692	3.8123	2.10880

[1] Unit: market 10^3 units

[2] M: Mean, S.D: Standard deviation, Jarque-Bera: Jarque-Bera Statistic

[3] GWL: Global welding robot, AWL: Arc welding robot, RSWL: Resistance spot welding robot, KOR: Korean welding robot, CHN: Chinese welding robot, US: American welding robot, JPN: Japanese welding robot, EU: European welding robot, Other: Other welding robots

2.2.2 글로벌 용접 로봇 시장에 대한 OECD 국가별 차이

용접로봇 시장규모에 기초해서 OECD 국가의 용접로봇과 글로벌용접로봇 간의 상관관계에 대해서 최소자승법(OLS) 모형을 분석한 결과, CHN(r=1.40, t=14.23, p<.01)가 GWL에 가장 큰 영향을 미쳤으며, 그 다음으로 Other(r=1.06, t=8.62, p<.01), EU(r=0.60, t=6.30, p<.01), US(r=1.27, t=4.68, p<.01), KOR(r=1.83, t=4.08, p<.01)이 GWL에 유의(p<.01)한 정(+)의 영향을 미친 반면에, JPN(r=-0.16, t=-1.37)은 GWL에 유의한 영향을 미치지 않았다. 본 연구에서 제시한 OECD 국가의 용접로봇과 글로벌용접로봇 간의 상관관계를 분석한 OLS 모형은 통계적으로 유의(F=6638.934, p<.01)하며 99.8% (Adj. R^2=0.9984)의 설명력을 보였다. OECD 국가들 중에서 중국의 용접로봇 시장규모가 글로벌 용접로봇 시장규모에 가장 큰 영향을 미친 반면에 한국의 용접로봇 시장규모는 글로벌 용접로봇 시장규모에 가장 낮은 영향을 미쳤다. 이는 글로벌 용접로봇 시장에서 중국과 유럽의 용접로봇 기술의 시장 선도력이 가장 높은 반면에, 일본의 용접로봇 기술은 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 본 연구의 유의수준 p<.01은 99%에서 유의하고, p<.05는 95%, p<.10은 90%에서 유의한데, 연구가설의 채택과 기각은 p<.05에서 유의성을 판

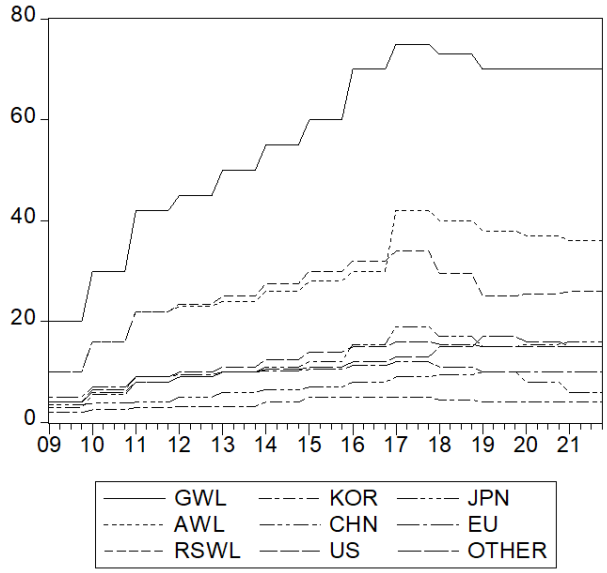

Fig. 1 Result for descriptive statistics

Table 2 Result for the effect of OECD welding robot on global welding robot using OLS model

Variables	Coefficient	S.E	t	Sig.(p)
KOR	1.8340	0.4488	4.0862	0.0002***
CHN	1.4017	0.0984	14.2369	0.0000***
US	1.2796	0.2733	4.6815	0.0000***
JPN	-0.1670	0.1215	-1.3740	0.1761
EU	0.6005	0.0951	6.3091	0.0000***
Other	1.0674	0.1238	8.6203	0.0000***
R^2	0.9986			
Adj. R^2	0.9984			
Log likelihood	-50.0858			
F	6638.934***			

*** p<.01, ** p<.05, * p<.10
r: coefficient; t: t-statistic; p: probability

단하였다.

2.2.3 아크용접로봇 시장에 대한 OECD 국가별 차이

용접로봇 시장규모에 기초해서 OECD 국가의 용접로봇과 아크용접로봇 간의 상관관계에 대해서 최소자승법(OLS) 모형을 분석한 결과, CHN(r=1.94, t=9.93, p<.01)가 AWL에 가장 큰 영향을 미쳤으며, 그 다음으로 Other(r=1.48, t=6.01, p<.01), EU(r=1.01, t=5.34, p<.01) 등이 AWL에 유의(p<.01)한 정(+)의 영향을 미친 반면에, US(r=-2.10, t=-3.87)은 AWL에 유의(p<.01)한 부(-)의 영향을 미쳤다. 본 연구에서 제시한 OECD 국가의 용접로봇과 아크용접로봇 간의 상관관계를 분석한 OLS 모형은 통계적으로 유의(F=493.1147, p<.01)하며 97.9% (Adj. R^2=0.9796)의 설명력을 보였다. OECD 국가들 중에서 중국의 용접로봇 시장규모가 아크 용접로봇 시장규모에 긍정적인 영향을 미친 반면에 미국의 용접로봇 시장규모는 아크 용접로봇 시장규모에 부정적인 영향을 미쳤다. 이는 아크 용접로봇 시장에서 중국과 유럽의 용접로봇 기술의 시장 선도력을 증가시키는 반면에, 미국의 용접로봇 기술은 시장 선도력을 감소시키는 것으로 나타났다. 또한 아크 용접로봇 시장에서 한국과 일본은 중국과 유럽에 비해서 영향력이 상대적으로 낮은 것으로 나타났다.

2.2.4 저항스폿용접로봇 시장에 대한 OECD 국가별 차이

용접로봇 시장규모에 기초해서 OECD 국가의 용접로봇과 저항스폿용접로봇 간의 상관관계에 대해서 최소자승법(OLS) 모형을 분석한 결과, EU(r=1.58, t=47.94, p<.01)와 US(r=2.40, t=25.29, p<.01)이 RSWL에 유의(p<.01)한 정(+)의 영향을 미친

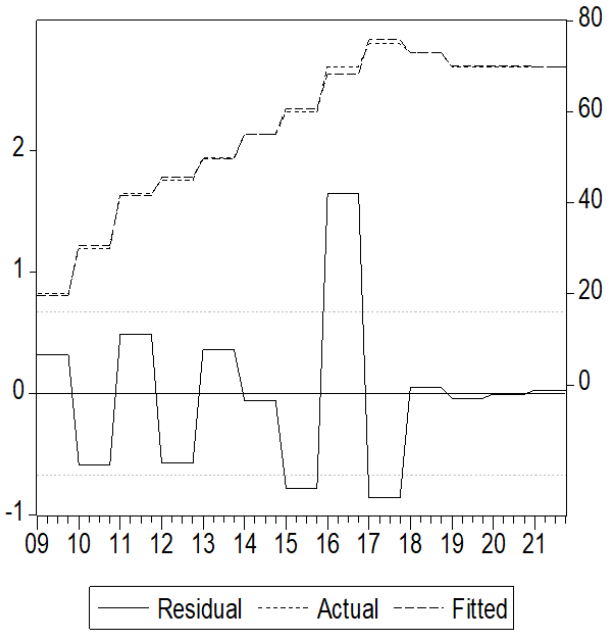

Fig. 2 Result for the effect of OECD welding robot on global welding robot using OLS model

반면에, Other(r=-1.39, t=-32.32), KOR(r=-1.15, t=-7.39)과 CHN(r=-0.12, t=-3.66) 등은 RSWL에 유의(p<.01)한 부(-)의 영향을 미쳤다. 이에 비해서 JPN(r=0.30, t=7.29)은 RSWL에 유의영향을 미치지 않았다.

본 연구에서 제시한 OECD 국가의 용접로봇과 저항스폿용접로봇 간의 상관관계를 분석한 OLS 모형은 통계적으로 유의(F=7285.288, p<.01)하며 99.8% (Adj. R^2=0.9986)의 설명력을 보였다. OECD 국가들 중에서 유럽의 용접로봇 시장규모가 저항스폿용접로봇 시장규모에 가장 크게 긍정적인 영향을 미친 반면에

Table 3 Result for the effect of OECD welding robot on arc welding robot using OLS model

Variables	Coefficient	S.E	t	Sig.(p)
KOR	0.9571	0.8945	1.0700	0.2902
CHN	1.9487	0.1962	9.9316	0.0000***
US	-2.1081	0.5447	-3.8700	0.0003***
JPN	0.1104	0.2423	0.4558	0.6506
EU	1.0136	0.1896	5.3436	0.0000***
Other	1.4835	0.24677	6.0115	0.0000***
R^2	0.9816			
Adj. R^2	0.9796			
Log likelihood	-85.9455			
F	493.1147***			

*** p<.01, ** p<.05, * p<.10
r: coefficient; t: t-statistic; p: probability

Table 4 Result for the effect of OECD welding robot on resistance spot welding robot using OLS model

Variables	Coefficient	S.E	t	Sig.(p)
KOR	-1.1536	0.1559	-7.3991	0.0000***
CHN	-0.1254	0.0342	-3.666	0.0006***
US	2.4014	0.0949	25.2910	0.0000***
JPN	0.3082	0.0422	7.2976	0.1761
EU	1.5850	0.0330	47.9405	0.0000***
Other	-1.3903	0.0430	-32.3234	0.0000***
R^2	0.9987			
Adj. R^2	0.9986			
Log likelihood	4.8955			
F	7285.288***			

*** p<.01, ** p<.05, * p<.10
r: coefficient; t: t-statistic; p: probability

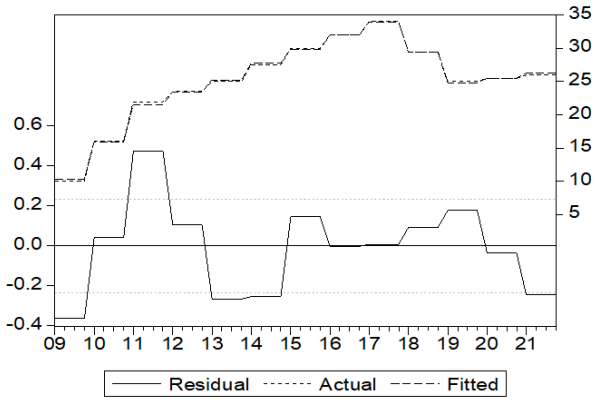

Fig. 3 Result for the effect of OECD welding robot on arc welding robot using OLS model

Other의 용접로봇 시장규모는 저항스폿용접로봇 시장규모에 가장 크게 부정적인 영향을 미쳤다. 이는 저항스폿용접로봇 시장에서 유럽과 미국의 용접로봇 기술의 시장 선도력을 증가시킨 반면에, 한국, 중국, 기타 국가의 용접로봇 기술은 시장 선도록을 감소시키는 것으로 나타났다. 또한 저항스폿용접로봇 시장에서 일본의 영향력은 상대적으로 낮은 것으로 나타났다.

2.2.5 아크용접로봇과 저항스폿용접로봇 시장에 대한 차이

용접로봇 시장규모에 기초해서 아크용접로봇과 저항스폿용접로봇이 글로벌용접로봇에 미치는 영향에 대해서 최소자승법(OLS) 모형을 분석한 결과, AWL(r=1.32, t=16.81, p<.01)이 RSWL (r=0.73, t=8.01, p<.01)보다 GWL에 더 큰 영향을 미쳤다. 본 연구에서 제시한 아크용접로봇과 저항스폿용접로봇이 글로벌용접로봇에 미치는 영향을 분석한 OLS 모형은 통계적으로 유의(F=147.232, p<.01)하며 96.6% (Adj. R^2=0.9661)의 설명력을

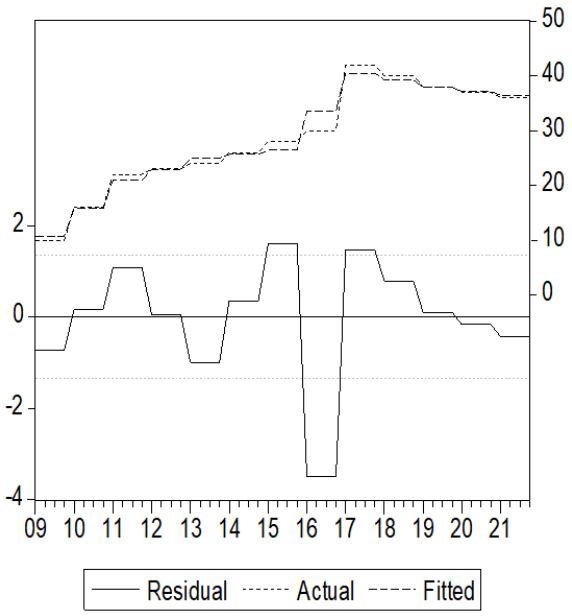

Fig. 4 Result for the effect of OECD welding robot on resistance spot welding robot using OLS model

보였다. 글로벌 용접로봇 시장규모에 대해서 아크용접로봇이 저항스폿용접로봇에 비해서 더 큰 영향을 미쳤다. 이는 한국의 용접로봇 기술이 글로벌 용접로봇 시장에서 중국, 유럽, 미국에 비해서 상대적으로 열위에 있으며, 아크용접로봇 시장에서 지속적인 경쟁력을 유지하기 위해서 아크용접로봇에 대한 기술개발과 연구개발의 필요성을 시사하는 연구이다.

3. 결 론

Market 103 Units에 기초해서 OECD 국가별 글로벌용접로봇,

Table 5 Result for the effect of arc welding robot and resistance spot welding robot on OECD welding robot using OLS model

Variables	Coefficient	S.E	t	Sig.(p)
AWL	1.3235	0.0786	16.8196	0.0000***
RSWL	0.7349	0.0916	8.0162	0.0000***
R^2	0.9668			
Adj. R^2	0.9661			
Log likelihood	-132.6848			
F	147.232***			

*** p<.01, ** p<.05, * p<.10
r: coefficient; t: t-statistic; p: probability

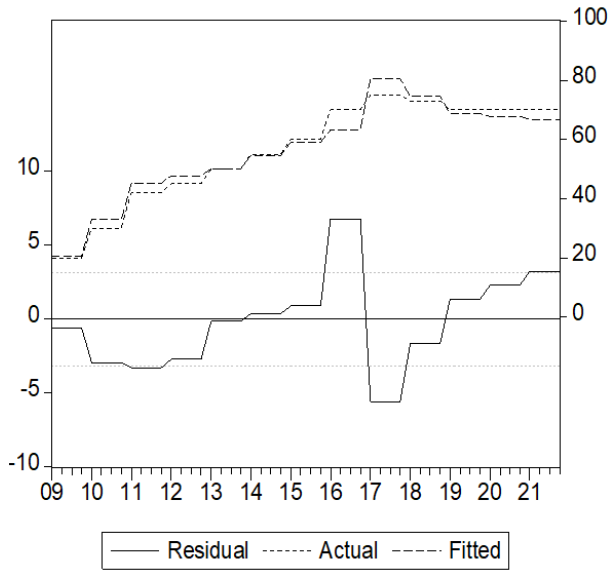

Fig. 5 Result for the effect of arc welding robot and resistance spot welding robot on OECD welding robot using OLS model

아크용접로봇, 저항스폿용접로봇에 대한 차이를 최소자승법(ordinary least squares) 모형을 수행한 결과, 본 연구에서 제시한 4개의 연구모형에 대한 유의도와 설명력은 다음과 같다.

1) OECD 국가의 용접로봇과 글로벌용접로봇 간의 상관관계를 분석한 OLS 모형은 통계적으로 유의(F=6638.934, p<.01)하며 99.8% (Adj. R^2=0.9984)의 설명력을 보였다.

2) OECD 국가의 용접로봇과 아크용접로봇 간의 상관관계를 분석한 OLS 모형은 통계적으로 유의(F=493.1147, p<.01)하며 97.9% (Adj. R^2=0.9796)의 설명력을 보였다.

3) OECD 국가의 용접로봇과 저항스폿용접로봇 간의 상관관계를 분석한 OLS 모형은 통계적으로 유의(F=7285.288, p<.01)하며 99.8% (Adj. R^2=0.9986)의 설명력을 보였다.

4) 아크용접로봇과 저항스폿용접로봇이 글로벌용접로봇에 미치는 영향을 분석한 OLS 모형은 통계적으로 유의(F=147.232, p<.01)하며 96.6% (Adj. R^2=0.9661)의 설명력을 보였다.

다음으로 Market 10^3 Units에 기초해서 OECD 국가의 용접로봇이 글로벌용접로봇, 아크용접로봇, 저항스폿용접로봇에 미치는 영향에 대해서 최소자승법(OLS) 모형을 수행한 결과, OECD 국가별 용접로봇에 대한 차이는 다음과 같다.

1) 용접로봇 시장규모에 기초해서 OECD 국가의 용접로봇과 글로벌용접로봇 간의 상관관계에 대해서 최소자승법(OLS) 모형을 분석한 결과, CHN(r=1.40, t=14.23, p<.01)가 GWL에 가장 큰 영향을 미쳤으며, 그 다음으로 Other(r=1.06, t=8.62, p<.01), EU(r=0.60, t=6.30, p<.01), US(r=1.27, t=4.68, p<.01), KOR(r=1.83, t=4.08, p<.01)이 GWL에 유의(p<.01)한 정(+)의 영향을 미친 반면에, JPN(r=-0.16, t=-1.37)은 GWL에 유의한 영향을 미치지 않았다.

2) 용접로봇 시장규모에 기초해서 OECD 국가의 용접로봇과 아크용접로봇 간의 상관관계에 대해서 최소자승법(OLS) 모형을 분석한 결과, CHN(r=1.94, t=9.93, p<.01)가 AWL에 가장 큰 영향을 미쳤으며, 그 다음으로 Other(r=1.48, t=6.01, p<.01), EU(r=1.01, t=5.34, p<.01) 등이 AWL에 유의(p<.01)한 정(+)의 영향을 미친 반면에, US(r=-2.10, t=-3.87)은 AWL에 유의(p<.01)한 부(-)의 영향을 미쳤다.

3) 용접로봇 시장규모에 기초해서 OECD 국가의 용접로봇과 저항스폿용접로봇 간의 상관관계에 대해서 최소자승법(OLS) 모형을 분석한 결과, EU(r=1.58, t=47.94, p<.01)와 US(r=2.40, t=25.29, p<.01)이 RSWL에 유의(p<.01)한 정(+)의 영향을 미친 반면에, Other(r=-1.39, t=-32.32), KOR(r=-1.15, t=-7.39)과 CHN(r=-0.12, t=-3.66) 등은 RSWL에 유의(p<.01)한 부(-)의 영향을 미쳤다. 이에 비해서 JPN(r=0.30, t=7.29)은 RSWL에 유의영향을 미치지 않았다.

4) 용접로봇 시장규모에 기초해서 아크용접로봇과 저항스폿용접로봇이 글로벌용접로봇에 미치는 영향에 대해서 최소자승법(OLS) 모형을 분석한 결과, AWL(r=1.32, t=16.81, p<.01)이 RSWL(r=0.73, t=8.01, p<.01)보다 GWL에 더 큰 영향을 미쳤다.

본 연구는 글로벌용접로봇(GWL) 시장이 아크용접로봇(AWL)과 저항스폿용접로봇(RSWL) 시장으로 발전되고 있는데, 그동안 용접로봇에 대한 기술개발과 실험연구에만 치중되어 있다는 기존 연구의 문제점을 제시하면서, 글로벌 용접로봇 시장의 활성화를 위해서 OECD 국가들을 대상으로 계량연구의 방향을 제시하였다는 점에서 의의가 있으며, 본 연구를 통하여 전 세계 용접로봇 시장에 대한 미국, EU, 일본, 중국, 한국 등 OECD 용접로봇 선도국가들에 대한 생산제조 부문을 비교분석하였다는 점에서 정책적, 실

무적 시사점을 제시한 연구이다.

References

[1] Business Research Insights, 2024, viewed 20 May 2024, Global Industrial Welding Robots Market Size 2032, <https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/industrial-welding-robots-market-108691>.

[2] Chodha, V., Dubey, R., Kumar, R., Singh, S., Kaur, S., 2022, Selection of Industrial Arc Welding Robot with TOPSIS and Entropy MCDM Techniques, Mater. Today: Proceedings, 50 709-715, https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.487.

[3] Muduli, K., Pumwa, J., Yadav, D., Kumar, R., Tripathy, S., 2018, A Grey Relation Approach for Selection of Industrial Robot, Proc. 2018 Int. Conf. Inf. Technol. (ICIT), 141-144, https://doi.org/10.1109/ICIT.2018.00038.

[4] Sonar, T., Balasubramanian, V., Malarvizhi, S., Dusane, N., 2022, Role of IoT and AI in Welding Industry 4.0, Indian Weld. J., 55:1 54-62, https://doi.org/10.22486/iwj.v55i1.211209.

[5] Wang, B., Hu, S. J., Sun, L., Freiheit, T., 2020, Intelligent Welding System Technologies: State-of-the-art Review and Perspectives, J. Manuf. Syst., 56 373-391, https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.06.020.

[6] Lee, S., Cheon, J., Kim, C., 2020, Global Market Analysis for Welding Power and Welding Robot (I), J. Weld. Join., 38:3 300-304, https://doi.org/10.5781/JWJ.2020.38.3.10.

[7] Liu, Z., Wang, J., Wu, J., Xing, A., 2023, Research and Expectation on Industrial Welding Robots, Appl. Comput. Eng., 11 263-267, https://doi.org/10.54254/2755-2721/11/20230263.

[8] Xu, T., Shi, Y., Cui, Y., Liang, Z., 2022, Effects of Magnetic Fields in Arc Welding, Laser Welding, and Resistance Spot Welding: A Review, Adv. Eng. Mater., 25:5 2200682, https://doi.org/10.1002/adem.202200682.

[9] Madhavan, M., Wangtueai, S., Sharafuddin, M. A., Chaichana, T., 2022, The Precipitative Effects of Pandemic on Open Innovation of SMEs, A Scientometrics and Systematic Review of Industry 4.0 and Industry 5.0, J. Open Innov. Technol. Mark. Complex, 8:3 152, https://doi.org/10.3390/joitmc8030152.

[10] Kim, B. -J., Kang, M., Cheon, J., 2023, Global Market Analysis for Welding Consumables and Welding Robot (II), J. Weld. Join., 41:3 181-184, https://doi.org/10.5781/JWJ.2023.41.3.6.

Duck-Hyun An

Graduate School Student in the Division of Mechanical Engineering of Kongju National University.

His field of specialization are Fracture Mechanics(Dynamic Impact), Impact Fracture of Composite Material), Fatigue & Strength Evaluation, and Durability& Optimum Design.

Ok-Hwan Kim

Professor in the Department of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University.

His field of specialization are Fracture Mechanics(Dynamic Impact), Impact Fracture of Composite Material), Fatigue & Strength Evaluation, Durability & Optimum Design, and Design & Analysis of Machine & Automobile.