



아크용접, 레이저 특수용접, 저항용접, 브레이징·솔더링 및 용접주변기기 등 용접접합 장치산업의 충격반응함수에 관한 연구

안덕현^a, 김옥환^{b,*}

Study on Impulse-Response Function of Arc Welding, Laser and Special Welding, Resistance Welding, and Brazing, Soldering and Welding Peripherals

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	30	May	2024
Accepted	31	May	2024

Keywords:

Arc welding
Laser special welding
Resistance welding
Brazing/Soldering and welding peripherals
Vector autoregression
Impact response function

ABSTRACT

The purpose of this study is to study the impulse response function of the welding and joining equipment industry, including arc welding, laser special welding, resistance welding, brazing, soldering, and welding peripheral equipment. The global welding and joining equipment industry is experiencing an increase in demand for welding and joining equipment as consumers prefer automated equipment over manual equipment, and in particular, the demand for arc welding, laser special welding, resistance welding, brazing/soldering, and welding peripheral equipment is increasing. Welding robots and automation are emerging as alternatives to replace the labor shortage in the welding and joining market. To conduct this study, we reviewed previous studies on the welding and joining equipment industry and analyzed the industrial effects of the welding and joining equipment industry by applying vector autoregression and impulse response functions. Through this, we aim to diagnose the problems of previous studies and suggest future research directions.

1. 서론

1.1 용접접합 장치산업에 대한 연구배경

세계 용접접합 장치산업 규모는 2023년 197억 2천만 달러로 평가되었으며, 2024년부터 2030년까지 연평균 복합 성장률(CAGR) 5.1%로 성장할 것으로 예상된다. 조선, 해양 탐사, 석유 및 가스, 항공 우주, 자동차, 건설, 에너지 등 다양한 산업 분야에서 용접접합 장치기술이 필요하다^[1].

세계 용접접합 장치 산업은 수동 장치보다 자동화 장치를 선호

하는 소비자의 선호로 인해 용접접합 장치에 대한 수요도 증가하고 있으며, 특히 아크용접, 레이저 특수용접, 저항용접, 브레이징·솔더링 및 용접주변기기 등의 수요가 증가하고 있는 추세이다^[2].

세계 용접 접합 기술은 교통, 전력, 인프라(도로, 기차, 교량 등) 분야의 인프라 프로젝트에 필요하다. 인도용접협회(IIW)에 따르면 2020년에는 용접공, 절단공, 설치공, 장비 운영자가 120만 명이 부족할 것으로 예상되며, 2024년에는 150만 명의 인력이 부족할 것으로 예상하고 있다. AI는 용접에서 예측 설계를 가능하게 함으로써 세계 용접 접합 시장에 긍정적인 영향을 미칠 수 있으며,

* Corresponding author. Tel.: +82-41-521-9248

E-mail address: owkim@kongju.ac.kr (Ok Hwan Kim).

용접로봇 공학 및 자동화는 용접접합 시장의 인력 부족을 대체할 수 있는 대안으로 떠오르고 있다^[3].

인공지능(AI), 머신러닝(ML), 로봇 용접 기술의 발전으로 용접접합 산업의 많은 변화가 예상되고 있으며, 로봇 용접 시스템은 생산성 향상, 정확도 향상, 저렴한 가격 등 많은 장점을 가지고 있다. 시스템은 반복 작업을 정확하게 처리할 수 있어 용접 품질을 일정하게 유지할 수 있으며, AI와 ML을 결합하여 로봇이 학습하고 적응할 수 있도록 하여 능력과 생산성을 향상시킬 수 있다. 이러한 기술을 채택한 기업은 운영을 간소화하고, 제조 시간을 단축하고, 자원을 보다 효과적으로 관리할 수 있다^[4].

아크용접, 레이저 특수용접, 저항용접, 브레이징·솔더링 및 용접주변기기와 관련된 용접 접합산업의 현황 및 연구동향에 대한 선행연구들을 벡터자기회귀모형(vector autoregression)과 충격반응함수(impulse-response function)을 적용하여 분석하고 기존 연구의 문제점을 진단함과 동시에 향후 연구방향을 제시하고자 한다.

1.2 아크용접, 레이저 특수용접, 저항용접, 브레이징·솔더링 및 용접주변기기의 연구동향

국내 용접접합 장치산업의 시장규모는 자동차산업에 주로 사용되는 저항용접기가 35%, 아크 용접기가 26%, 레이저 등 특수용접기가 8%, 기타 브레이징·솔더링 및 용접주변기기가 31%를 차지하고 있다. 용접접합 장치산업은 전력전자 산업관련 설비와 유사한 특성을 가지고 있어 지속적이고 체계적인 정부지원이 수반될 경우 세계적인 기술 경쟁력을 단시간에 확보할 수 있다는 산업특성이 있다^[5].

웨어러블 전자제품용 고신축, 저온 접합기술 개발에 대한 요구 증대, 인공지능을 이용한 스마트 용접접합 기술의 개발 증대, 금속 3D 프린팅 시스템의 고속 대면적화와 고품질화를 구현하기 위하여 아크열원과 와이어를 사용하는 용접기반 금속 3D 적층 및 후처리 가공 복합가공시스템 개발이 시급하게 필요한 상황이다^[6].

기존의 용접기술에 관한 연구는 로렌츠 힘이 용접 시 아크, 용융 풀, 수상돌기 응고에 미치는 영향에 기초해서 용접기술의 미세구조와 조인트의 기계적 성질에 대한 실험연구와 시뮬레이션 연구들이 수행되었다. 최근의 용접기술은 자기장을 이용한 용접에 대한 이론적 연구와 함께 안정적인 산업적 응용을 확장하기 위해서 다양한 용접 기술에서 자기장의 역할을 비교하는 연구들이 활발하게 수행되고 있다^[7]. 레이저 용접, 레이저 용융 불활성 가스 하이브리드 용접, 가스 금속 아크 용접, 텅스텐 불활성 가스 용접 및 저항점 용접과 같은 최근 용접 기술은 자기장을 용접기술에 접목한 연구들인데, 이 실험연구에서 규명된 용접기술을 아크용접, 레이저 특수용접, 저항용접, 브레이징·솔더링 및 용접주변기기에 적용할

때 용접접합 산업의 성장에 기여할 것으로 보인다^[8].

용접 접합시장은 용접접합 장치산업의 변화에 밀접한 관련이 있는데, 아크 용접(AW), 레이저 특수용접(LW), 저항용접(RW), 브레이징·솔더링 및 용접주변기기(BW) 등과 관련된 용접접합기술이 용접 접합시장 간의 관련성을 분석하는데 한계가 있으며^[9], 용접접합 장치산업별 격차가 심하기 때문에 접합시장에 대한 상관관계분석과 산업현장에 적용하는데 있어서 용접접합 장치기술의 개발과 적용에 대한 체계적인 계량연구가 수행되어야 한다.

2. 본 론

2.1 통계분석 절차

2.1.1 벡터자기회귀모형에 대한 연구모형

벡터자기회귀모형(VAR)은 각 시계열 변수가 서로 영향을 미치며, 각 변수 간의 상관관계는 미래값을 전체 시계열 변수의 과거값으로부터 예측하는 양방향 모형이다. 벡터자기회귀모형(VAR)을 이용한 계량분석은 충격반응함수(impulse-response function)와 예측오차 분산분해(variance decomposition) 등의 방법을 사용하여 분석한다. 본 연구에서 벡터자기회귀모형(VAR)에 대한 계량분석은 연구변수 간의 파급효과만을 추정하면 되기 때문에 충격반응함수(impulse-response function)만 추정하였다. 충격반응함수는 벡터자기회귀모형(VAR)의 추정계수를 바탕으로 모형 내의 특정 변수에 대하여 일정한 크기의 충격을 가할 때 모형의 모든 변수들이 시간의 흐름에 따라서 반응하는가를 추정하는 것이다. 본 연구에서 벡터자기회귀모형(VAR)은 아크용접, 레이저 특수용접, 저항용접, 브레이징·솔더링 및 용접주변기기 등의 설명변수와 접합시장의 종속변수 간의 인과성(casuality)을 검증하기 위함이다. 본 연구모형의 유의성은 로그 우도함수(log likelihood), 아카이케 기준(Akaike information criterion, AIC)과 슈와츠 기준(Schwarz criterion, SC) 등으로 확인하며, 연구모형의 설명력은 R²와 Adj. R²를 제시하였다.

2.1.2 충격반응함수에 대한 연구모형

아크용접(AW), 레이저 특수용접(LW), 저항용접(RW), 브레이징·솔더링 및 용접주변기기(BW) 등의 설명변수가 접합시장(BM)에 미치는 영향과, 종속변수인 접합시장(BM) 자기변수가 접합시장(BM)에 미치는 영향을 분석하기 위해서 벡터자기회귀모형(VAR)을 설정하였다.

$$\ln bm_t = a + \sum_{j=1}^2 \ln bm_{j-t} + \sum_{j=1}^2 \ln aw_{t-j} + \sum_{j=1}^2 \ln lw_{t-j} + \sum_{j=1}^2 \ln rw_{j-t} + \sum_{j=1}^2 \ln bw_{j-t} + \epsilon_t \quad (1)$$

$$\ln aw_t = a + \sum_{j=1}^2 \ln bm_{j-t} + \sum_{j=1}^2 \ln aw_{t-j} + \sum_{j=1}^2 \ln lw_{t-j} + \sum_{j=1}^2 \ln rw_{j-t} + \sum_{j=1}^2 \ln bw_{j-t} + \epsilon_t \quad (2)$$

$$\ln lw_t = a + \sum_{j=1}^2 \ln bm_{j-t} + \sum_{j=1}^2 \ln aw_{t-j} + \sum_{j=1}^2 \ln lw_{t-j} + \sum_{j=1}^2 \ln rw_{j-t} + \sum_{j=1}^2 \ln bw_{j-t} + \epsilon_t \quad (3)$$

$$\ln rw_t = a + \sum_{j=1}^2 \ln bm_{j-t} + \sum_{j=1}^2 \ln aw_{t-j} + \sum_{j=1}^2 \ln lw_{t-j} + \sum_{j=1}^2 \ln rw_{j-t} + \sum_{j=1}^2 \ln bw_{j-t} + \epsilon_t \quad (4)$$

$$\ln bw_t = a + \sum_{j=1}^2 \ln bm_{j-t} + \sum_{j=1}^2 \ln aw_{t-j} + \sum_{j=1}^2 \ln lw_{t-j} + \sum_{j=1}^2 \ln rw_{j-t} + \sum_{j=1}^2 \ln bw_{j-t} + \epsilon_t \quad (5)$$

Bonding market ($\ln bm_i$): log로 처리된 접합시장(단위: 억원)

Arc welding ($\ln aw_i$): log로 처리된 아크용접 산업규모(단위: 억원)

Laser and special welding ($\ln lw_i$): log로 처리된 레이저 특수 용접 산업규모(단위: 억원)

Resistance welding ($\ln rw_i$): log로 처리된 저항용접 산업규모(단위: 억원)

Brazing, soldering and welding peripherals ($\ln bw_i$): log로 처리된 브레이징·솔더링 및 용접주변기기 산업규모(단위: 억원)

α : 상수항

ϵ_t : 잔차항 (독립변수와 통제변수에서 설명하지 못하는 값)

2.2 통계분석 결과

2.2.1 기술통계량

자료는 2012년도 1분기부터 2023년 4분기까지 국내용접산업 시장규모와 관련된 분기별 시계열 데이터(quarterly time series data)를 활용하였다.¹⁾ 원시계열의 단위는 “억 원”인데, 시계열 안정화를 위해서 로그(log) 함수로 처리된 값이 기술통계량에 제시되었다. 종속변수 중에서 용접공정시장(WP)의 평균값이 11.5026, 용접시장(WM)의 평균값이 11.5876, 용접접합시장(BM)의 평균값이 9.6852 등으로 각각 분석되었다. 설명변수인 국내 용접접합

Table 1 Result for descriptive Statistics

Classification	Min	Max	M	S.D	Jarque-Bera
WP	10.9583	12.0369	11.5021	0.3399	2.8872
WM	11.0203	12.1306	11.5876	0.3504	2.8798
BM	8.9870	10.3465	9.6852	0.4287	2.8696
AW	0.5399	1.4216	0.9822	0.2782	2.9218
LW	-0.6386	0.2405	-0.1975	0.2773	2.9091
RW	0.8372	1.7195	1.2796	0.2784	2.9234
BW	0.7158	1.5979	1.5819	0.2782	2.9210

*** p<.01, ** p<.05, * p<.10

¹⁾ Descriptive statistics is the size of welding bonding technology (Unit: 100 million, KRW)

²⁾ WP: Welding process, WM: Welding market, BM: Bonding market, AW: Arc welding, LW: Laser and special welding, RW: Resistance welding, BW: Brazing, soldering and welding peripherals

장치산업의 시장규모를 보면, 아크용접(AW)의 평균값이 0.9822, 레이저·특수용접(LW)의 평균값이 -0.1975, 저항용접(RW)의 평균값이 1.2796, 브레이징·솔더링 및 용접주변기기의 평균값이 1.1581로 각각 차이를 보였다. 본 연구의 시계열분석(time series testing)에 투입될 4개의 설명변수와 3개의 종속변수는 충격반응 함수(impulse-response function) 모형을 추정하는데 유의한 변수로 나타났다.

2.2.2 아크용접의 충격반응함수

아크용접의 충격반응함수 분석결과는 다음과 같다. 접합시장(LNBM)에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 접합시장(LNBM)의 자기변수에 대한 단위당 충격은 시차 1에 4.99%로 시작해서 시차 2에 3.39%로 감소하다가, 시차 3에 3.84%까지 증가하다가 시차 10에 3.47.0%까지 약간의 감소 추세를 이어졌다. 아크용접(LNAW)의 단위당 충격은 시차 1에 0.00%로 시작해서 시차 2에 0.03%로 증가하다가, 시차 3에 -0.02%로 감소하였으며, 시차 5에 -0.07%까지 감소하다가, 시차 6에 -0.10%로 다시 증가하였으며, 시차 10에 -0.19%까지 지속적으로 감소 추세를 이어졌다.

아크용접(LNAW)에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 접합시장(BM)은 시차 1에 3.22%로 출발해서 시차 5에 2.40로 감소하였으며, 시차 10에 2.30%까지 지속적으로 감소 추세가 확대되었다. 아크용접(LNAW)의 자기변수에 대한 단위당 충격은 시차 1에 0.25%로 시작하여 시차 5에 0.14%로 감소하였으며, 시차 10에 0.02%까지 지속적으로 감소 추세가 이어졌다.

접합시장(LNBM)과 아크용접(LNAW) 간의 충격반응함수를 분석한 결과, 접합시장(LNBM)이 증가하는 것이 아크용접(LNAW) 개발과 관련성은 상대적으로 낮았다. 연구결과를 보면, 접합시장

1)한국원자력연구원(2016), 레이저 용접용 다목적 지그 장치
대한무역투자진흥공사(2023), 국내 용접접합 장치산업 시장규모

Table 2 Impulse-response function between LNBM and LNAW

Response of LNBM:			Response of LNAW:		
Perio	LNBM	LNAW	Perio	LNBM	LNAW
1	0.049930 (0.00521)	0.000000 (0.00000)	1	0.032281 (0.00339)	0.002521 (0.00026)
2	0.033955 (0.00782)	0.000307 (0.00730)	2	0.021968 (0.00508)	0.002399 (0.00474)
3	0.038459 (0.00486)	-0.000272 (0.00486)	3	0.024988 (0.00317)	0.001946 (0.00317)
4	0.036614 (0.00608)	-0.000486 (0.00623)	4	0.023861 (0.00397)	0.001713 (0.00406)
5	0.036722 (0.00562)	-0.000797 (0.00684)	5	0.024004 (0.00368)	0.001422 (0.00446)
6	0.036217 (0.00594)	-0.001058 (0.00778)	6	0.023743 (0.00389)	0.001167 (0.00508)
7	0.035893 (0.00603)	-0.001315 (0.00870)	7	0.023597 (0.00396)	0.000918 (0.00568)
8	0.035505 (0.00625)	-0.001554 (0.00964)	8	0.023406 (0.00411)	0.000683 (0.00630)
9	0.035130 (0.00648)	-0.001781 (0.01055)	9	0.023220 (0.00426)	0.000459 (0.00690)
10	0.034745 (0.00675)	-0.001995 (0.01143)	10	0.023024 (0.00444)	0.000247 (0.00749)

*** p<.01, ** p<.05, * p<.10

1) X axis: Time lag, Y axis: Standard deviation (S.D)

2) LNBM: Bending market processed as log,
LNAW: Arc welding processed as log

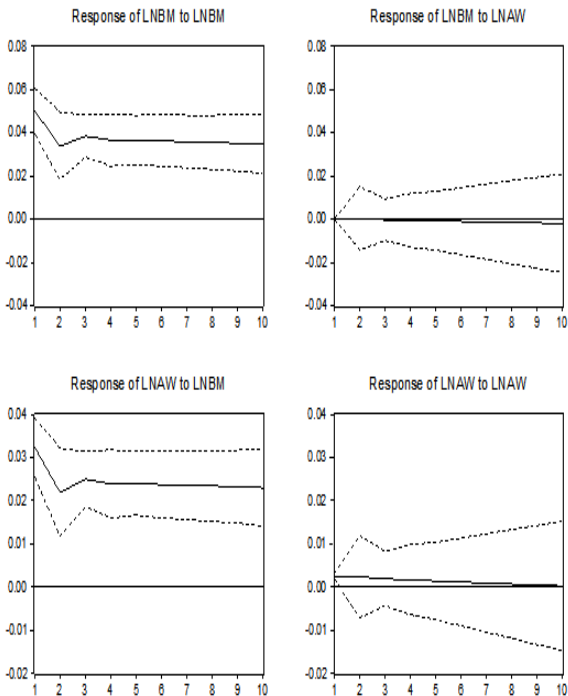


Fig. 1 Impulse-response function between LNBM and LNAW

(LNBM)의 단위당 충격에 대해서 아크용접(LNAW)가 충격반응 함수에 약하게 영향을 미친 반면에, 아크용접(LNAW)의 단위당 충격에 대해서 접합시장(LNBM)은 충격반응함수에 민감하게 반

응하는 것으로 나타났다. 이는 아크용접(LNAW)의 많은 부분들이 접합시장(LNBM)을 확대하는데 적극적으로 활용되고 있다는 것을 말한다.

2.2.3 레이저 특수용접의 충격반응함수

레이저 특수용접의 충격반응함수 분석결과는 다음과 같다. 접합시장(LNBM)에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 접합시장(LNBM)에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 접합시장(LNBM)의 자기변수에 대한 단위당 충격은 시차 1에 4.99%로 시작해서 시차 3에 3.84%로 감소하다가, 시차 5에 3.67%까지 감소하다가 시차 10에 3.47%까지 약간의 감소추세는 이어졌다. 레이저 특수용접(LNLW)의 단위당 충격은 시차 1에 0.00%로 시작해서 시차 2에 0.03%로 증가하다가, 시차 3에 -0.02%로 감소하였으며, 시차 5에 -0.08%까지 감소하다가, 시차 6에 -0.11%로 다시 증가하였으며, 시차 10에 -0.21%까지 지속적으로 감소 추세로 이어졌다.

레이저 특수용접(LNLW)에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 접합시장(LNBM)은 시차 1에 3.22%로 출발해서 시차 5에 2.39%로 감소하였으며, 시차 10에 2.29%까지 지속적으로 감소 추세가 확대되었다. 레이저 특수용접(LNLW)의 자기변수에 대한 단위당 충격은 시차 1에 0.24%로 시작하여 시차 3에 0.18%로 감소하였으며, 시차 10에 0.01%까지 지속적으로 감소 추세가 이어졌다.

접합시장(LNBM)과 레이저 특수용접(LNLW) 간의 충격반응함수를 분석한 결과, 접합시장(LNBM)이 증가하는 것이 레이저 특수용접(LNLW) 개발과 관련성은 상대적으로 낮았다. 연구결과를 보면, 접합시장(LNBM)의 단위당 충격에 대해서 레이저 특수용접(LNLW)가 충격반응함수에 약하게 영향을 미친 반면에, 레이저 특수용접(LNLW)의 단위당 충격에 대해서 접합시장(LNBM)은 충격반응함수에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 이는 레이저 특수용접(LNLW)의 많은 부분들이 접합시장(LNBM)을 확대하는데 적극적으로 활용되고 있다는 것을 말한다.

2.2.4 저항용접의 충격반응함수

저항용접의 충격반응함수 분석결과는 다음과 같다. 접합시장(LNBM)에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 접합시장(LNBM)의 자기변수에 대한 단위당 충격은 시차 1에 4.99%로 시작해서 시차 4에 3.66%로 감소하다가, 시차 6에 3.62%까지 감소하다가 시차 10에 3.47%까지 약간의 감소추세는 이어졌다. 저항용접(LNRW)의 단위당 충격은 시차 1에 0.00%로 시작해서 시차 2에 0.03%로 증가하다가, 시차 3에 -0.02%로 감소하였으며, 시차 5에 -0.08%까지 감소하다가, 시차

Table 3 Impulse-response function between LNBM and LNLW

Response of LNBM:			Response of LNLW:		
Perio	LNBM	LNLW	Perio	LNBM	LNLW
1	0.049927 (0.00521)	0.000000 (0.00000)	1	0.032196 (0.00338)	0.002455 (0.00026)
2	0.033949 (0.00782)	0.000340 (0.00730)	2	0.021910 (0.00507)	0.002363 (0.00473)
3	0.038449 (0.00485)	-0.000276 (0.00484)	3	0.024915 (0.00316)	0.001896 (0.00314)
4	0.036601 (0.00608)	-0.000498 (0.00621)	4	0.023787 (0.00396)	0.001668 (0.00404)
5	0.036704 (0.00562)	-0.000828 (0.00682)	5	0.023926 (0.00367)	0.001374 (0.00444)
6	0.036195 (0.00594)	-0.001103 (0.00777)	6	0.023662 (0.00388)	0.001117 (0.00506)
7	0.035866 (0.00603)	-0.001377 (0.00870)	7	0.023512 (0.00394)	0.000864 (0.00567)
8	0.035473 (0.00626)	-0.001632 (0.00965)	8	0.023317 (0.00410)	0.000626 (0.00629)
9	0.035092 (0.00649)	-0.001875 (0.01058)	9	0.023127 (0.00425)	0.000398 (0.00690)
10	0.034700 (0.00676)	-0.002104 (0.01148)	10	0.022927 (0.00443)	0.000181 (0.00750)

*** p<.01, ** p<.05, * p<.10

- 1) X axis: Time lag, Y axis: Standard deviation (S.D)
- 2) LNBM: Bending market processed as log,
LNLW: Laser and special welding processed as log

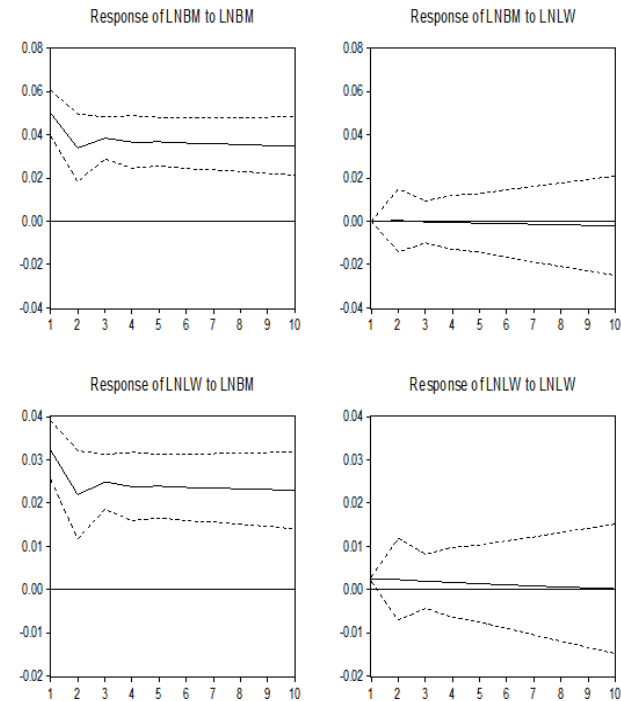


Fig. 2 Impulse-response function between LNBM and LNLW

6에 -0.10%로 다시 감소하였으며, 시차 10에 -0.19%까지 지속적으로 감소 추세를 이어졌다.

저항용접(LNRW)에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격

Table 4 Impulse-response function between LNBM and LNRW

Response of LNBM:			Response of LNRW:		
Perio	LNBM	LNRW	Perio	LNBM	LNRW
1	0.049930 (0.00521)	0.000000 (0.00000)	1	0.032303 (0.00339)	0.002539 (0.00026)
2	0.033954 (0.00782)	0.000305 (0.00730)	2	0.021983 (0.00509)	0.002412 (0.00475)
3	0.038460 (0.00486)	-0.000274 (0.00486)	3	0.025007 (0.00317)	0.001957 (0.00317)
4	0.036615 (0.00608)	-0.000488 (0.00623)	4	0.023879 (0.00397)	0.001723 (0.00406)
5	0.036723 (0.00562)	-0.000800 (0.00684)	5	0.024023 (0.00368)	0.001430 (0.00446)
6	0.036218 (0.00594)	-0.001061 (0.00778)	6	0.023763 (0.00389)	0.001174 (0.00508)
7	0.035894 (0.00603)	-0.001318 (0.00870)	7	0.023617 (0.00396)	0.000923 (0.00569)
8	0.035507 (0.00625)	-0.001557 (0.00964)	8	0.023427 (0.00411)	0.000687 (0.00630)
9	0.035132 (0.00648)	-0.001784 (0.01055)	9	0.023241 (0.00426)	0.000463 (0.00691)
10	0.034747 (0.00674)	-0.001997 (0.01143)	10	0.023045 (0.00444)	0.000250 (0.00749)

*** p<.01, ** p<.05, * p<.10

- 1) X axis: Time lag, Y axis: Standard deviation (S.D)
- 2) LNBM: Bending market processed as log,
LNRW: Resistance welding processed as log

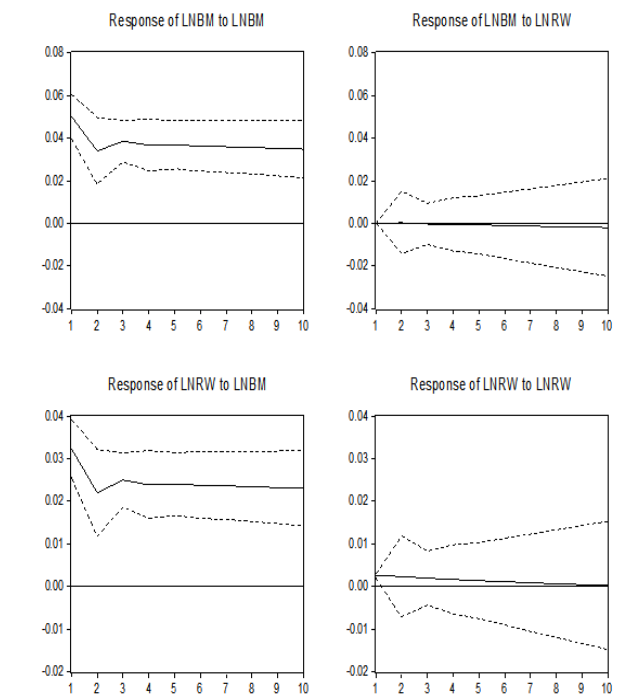


Fig. 3 Impulse-response function between LNBM and LNRW

에 따른 반응을 보면, 접합시장(LNBM)은 시차 1에 3.22%로 출발해서 시차 2에 2.19%로 감소하다가, 시차 3에 2.38%로 증가하다가, 시차 10에 2.30%까지 다시 감소 추세가 확대되었다. 저항용

Table 5 Impulse-response function between LNBM and LNBW

Response of LNBM:			Response of LNBW:		
Perio	LNBM	LNBW	Perio	LNBM	LNBW
1	0.049929 (0.00521)	0.000000 (0.00000)	1	0.032296 (0.00339)	0.002532 (0.00026)
2	0.033954 (0.00782)	0.000314 (0.00730)	2	0.021978 (0.00508)	0.002411 (0.00474)
3	0.038458 (0.00485)	-0.000272 (0.00484)	3	0.025001 (0.00317)	0.001954 (0.00316)
4	0.036613 (0.00608)	-0.000486 (0.00622)	4	0.023873 (0.00397)	0.001722 (0.00405)
5	0.036720 (0.00562)	-0.000800 (0.00682)	5	0.024016 (0.00368)	0.001429 (0.00445)
6	0.036214 (0.00594)	-0.001063 (0.00777)	6	0.023756 (0.00389)	0.001173 (0.00507)
7	0.035889 (0.00603)	-0.001322 (0.00869)	7	0.023610 (0.00396)	0.000923 (0.00568)
8	0.035501 (0.00625)	-0.001564 (0.00962)	8	0.023419 (0.00411)	0.000686 (0.00629)
9	0.035125 (0.00648)	-0.001793 (0.01053)	9	0.023233 (0.00426)	0.000461 (0.00690)
10	0.034739 (0.00675)	-0.002009 (0.01141)	10	0.023036 (0.00444)	0.000248 (0.00748)

*** p<.01, ** p<.05, * p<.10

1) X axis: Time lag, Y axis: Standard Deviation (S.D)

2) LNBM: Bending market processed as log,
LNBW: Brazing, soldering and welding peripherals processed as log

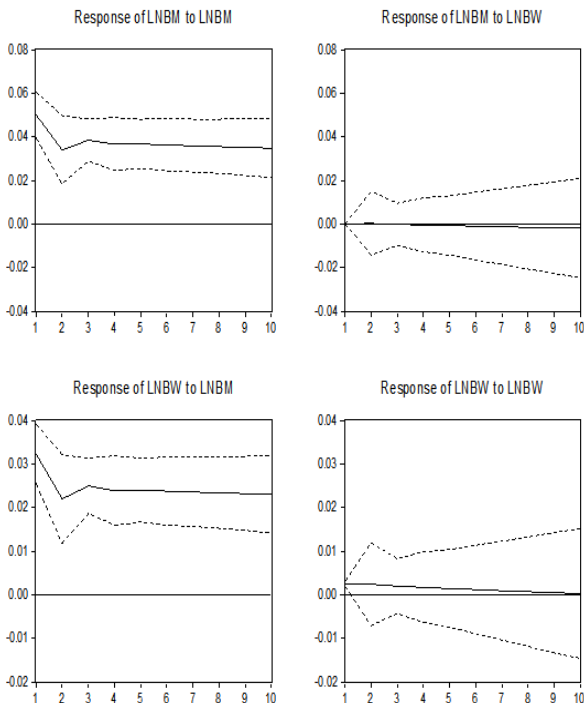


Fig. 4 Impulse-response function between LNBM and LNBW

접(LNRW)의 자기변수에 대한 단위당 충격은 시차 1에 0.25%로 시작하여 시차 4에 0.17%로 감소하였으며, 시차 6에 0.11%로 감소 추세를 유지하다가, 시차 10에 0.02%까지 지속적으로 감소 추

세가 확대되었다.

접합시장(LNBM)과 저항용접(LNRW) 간의 충격반응함수를 분석한 결과, 접합시장(LNBM)이 증가하는 것이 저항용접(LNRW) 개발과 관련성은 상대적으로 낮았다. 연구결과를 보면, 접합시장(LNBM)의 단위당 충격에 대해서 저항용접(LNRW)가 충격반응 함수에 약하게 영향을 미친 반면에, 저항용접(LNRW)의 단위당 충격에 대해서 접합시장(LNBM)은 충격반응함수에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 이는 저항용접(LNRW)의 많은 부분들이 접합시장(LNBM)을 확대하는데 적극적으로 활용되고 있다는 것을 말한다.

2.2.5 브레이징·솔더링 및 용접주변기기의 충격반응함수

브라우징·솔더링 및 용접주변기기의 충격반응함수 분석결과와 다음과 같다. 접합시장(LNBM)에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 접합시장(LNBM)의 자기변수에 대한 단위당 충격은 시차 1에 4.99%로 시작해서 시차 3에 3.84%로 감소하다가, 시차 7에 3.58%까지 감소하다가 시차 10에 3.47%까지 약간의 감소추세는 이어졌다. 브라우징·솔더링 및 용접주변기기(LNBW)의 단위당 충격은 시차 1에 0.00%로 시작해서 시차 2에 0.03%로 증가하다가, 시차 4에 -0.04%로 감소하였으며, 시차 7에 -0.13%까지 감소하다가, 시차 8에 -0.15%로 다시 감소하였으며, 시차 10에 -0.20%까지 지속적으로 감소 추세를 이어졌다.

브라우징·솔더링 및 용접주변기기(LNBW)에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 접합시장(BM)은 시차 1에 3.22%로 출발해서 시차 4에 2.38로 감소하다가, 시차 8에 2.34%까지 약간 감소 추세를 보이다가, 시차 10에 2.30%까지 감소 추세가 확대되었다. 브라우징·솔더링 및 용접주변기기(LNBW)의 자기변수에 대한 단위당 충격은 시차 1에 0.25%로 시작하여 시차 4에 0.17%로 감소하다가, 시차 7에 0.09%로 감소 추세를 이어가다가, 시차 10에 0.02%까지 지속적으로 감소가 확대되었다.

접합시장(LNBM)과 브라우징·솔더링 및 용접주변기기(LNBW) 간의 충격반응함수를 분석한 결과, 접합시장(LNBM)이 증가하는 것이 브라우징·솔더링 및 용접주변기기(LNBW) 개발과 관련성은 상대적으로 낮았다. 연구결과를 보면, 접합시장(LNBM)의 단위당 충격에 대해서 브라우징·솔더링 및 용접주변기기(LNBW)가 충격반응함수에 약하게 영향을 미친 반면에, 아크용접(LNAW)의 단위당 충격에 대해서 접합시장(LNBM)은 충격반응함수에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 이는 브라우징·솔더링 및 용접주변기기(LNBW)의 많은 부분들이 접합시장(LNBM)을 확대하는데 적극적으로 활용되고 있다는 것을 말한다.

3. 결론

본 연구는 아크용접(LNAW), 레이저 특수용접(LNLW), 저항용접(LNRW), 브레이징·솔더링 및 용접주변기기(LNBW) 등의 설명변수가 접합시장(LNBM)에 미치는 영향을 분석하기 위해서 설명변수와 종속변수 간의 인과성에 대한 연구문제와 선행연구에 기초해서 벡터자기회귀모형(VAR)의 연구모형을 설계하였다. 벡터자기회귀모형(VAR)을 분석한 결과, 본 연구에서 제시한 4개의 연구모형에 대한 유의도와 설명력은 다음과 같다.

1) 아크용접(LNAW)과 접합시장(LNBM) 간의 상관관계를 분석한 벡터자기회귀모형(vector autoregression, VAR)에 대한 log likelihood는 282.54이고, AIC=-11.84, SC=-11.45로 각각 유의하게 검증되었고, 벡터자기회귀모형(vector autoregression, VAR)의 설명력은 98.34% (Adj. $R^2=0.9834$)로 검증되었다.

2) 레이저 특수용접(LNLW)과 접합시장(LNBM) 간의 상관관계를 분석한 벡터자기회귀모형(vector autoregression, VAR)에 대한 log likelihood는 283.77이고, AIC=-11.90, SC=-11.50로 각각 유의하게 검증되었고, 벡터자기회귀모형(vector autoregression, VAR)의 설명력은 98.34% (Adj. $R^2=0.9834$)로 검증되었다.

3) 저항용접(LNRW)과 접합시장(LNBM) 간의 상관관계를 분석한 벡터자기회귀모형(vector autoregression, VAR)에 대한 log likelihood는 282.22이고, AIC=-11.83, SC=-11.43으로 각각 유의하게 검증되었고, 벡터자기회귀모형(vector autoregression, VAR)의 설명력은 98.34% (Adj. $R^2=0.9834$)로 검증되었다.

4) 브레이징·솔더링 및 용접주변기기(LNBW)과 접합시장(LNBM) 간의 상관관계를 분석한 벡터자기회귀모형(vector autoregression, VAR)에 대한 log likelihood는 282.34이고, AIC=-11.84, SC=-11.44로 각각 유의하게 검증되었고, 벡터자기회귀모형(vector autoregression, VAR)의 설명력은 98.34% (Adj. $R^2=0.9834$)로 검증되었다.

아크용접(LNAW), 레이저 특수용접(LNLW), 저항용접(LNRW), 브레이징·솔더링 및 용접주변기기(LNBW) 등의 설명변수가 접합시장(LNBM)에 미치는 영향을 분석하기 위해서 충격반응함수(impulse-response function) 모형을 분석한 결과, 본 연구에서 아크용접(AW), 레이저 특수용접(LW), 저항용접(RW), 브레이징·솔더링 및 용접주변기기(BW) 등 4개의 부문에 대한 충격반응함수는 다음과 같다.

1) 아크용접(LNAW)과 접합시장(LNBM) 간의 충격반응 분석 결과는 다음과 같다. 아크용접(LNAW)의 단위당 충격은 시차 1에 0.00%로 시작해서 시차 2에 0.03%로 증가하다가, 시차 3에 -0.02%로 감소하였으며, 시차 5에 -0.07%까지 감소하다가, 시차 6에 -0.10%로 다시 증가하였으며, 시차 10에 -0.19%까지 지속적

으로 감소 추세로 이어졌다. 아크용접(LNAW)에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 접합시장(LNBM)은 시차 1에 3.22%로 출발해서 시차 5에 2.40로 감소하였으며, 시차 10에 2.30%까지 지속적으로 감소 추세가 확대되었다.

2) 레이저 특수용접(LNAW)과 접합시장(LNBM) 간의 충격반응 분석결과는 다음과 같다. 레이저 특수용접(LNLW)의 단위당 충격은 시차 1에 0.00%로 시작해서 시차 2에 0.03%로 증가하다가, 시차 3에 -0.02%로 감소하였으며, 시차 5에 -0.08%까지 감소하다가, 시차 6에 -0.11%로 다시 증가하였으며, 시차 10에 -0.21%까지 지속적으로 감소 추세로 이어졌다. 레이저 특수용접(LNLW)에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 접합시장(LNBM)은 시차 1에 3.22%로 출발해서 시차 5에 2.39로 감소하였으며, 시차 10에 2.29%까지 지속적으로 감소 추세가 확대되었다.

3) 저항용접(LNAW)과 접합시장(LNBM) 간의 충격반응 분석 결과는 다음과 같다. 저항용접(LNRW)의 단위당 충격은 시차 1에 0.00%로 시작해서 시차 2에 0.03%로 증가하다가, 시차 3에 -0.02%로 감소하였으며, 시차 5에 -0.08%까지 감소하다가, 시차 6에 -0.10%로 다시 감소하였으며, 시차 10에 -0.19%까지 지속적으로 감소 추세로 이어졌다. 저항용접(LNRW)에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 접합시장(LNBM)은 시차 1에 3.22%로 출발해서 시차 2에 2.19%로 감소하다가, 시차 3에 2.38%로 증가하다가, 시차 10에 2.30%까지 다시 감소 추세가 확대되었다.

4) 브레이징·솔더링 및 용접주변기기(LNAW)과 접합시장(LNBM) 간의 충격반응 분석결과는 다음과 같다. 브라우징·솔더링 및 용접주변기기(LNBW)의 단위당 충격은 시차 1에 0.00%로 시작해서 시차 2에 0.03%로 증가하다가, 시차 4에 -0.04%로 감소하였으며, 시차 7에 -0.13%까지 감소하다가, 시차 8에 -0.15%로 다시 감소하였으며, 시차 10에 -0.20%까지 지속적으로 감소 추세로 이어졌다. 브라우징·솔더링 및 용접주변기기(LNBW)에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 접합시장(LNBM)은 시차 1에 3.22%로 출발해서 시차 4에 2.38로 감소하다가, 시차 8에 2.34%까지 약간 감소 추세를 보이다가, 시차 10에 2.30%까지 감소 추세가 확대되었다.

본 연구는 그동안 용접접합 장치산업에 대한 연구가 아크용접, 레이저 특수용접, 저항용접, 브레이징·솔더링 및 용접주변기기 등에 대한 실험연구(experimental study), 문헌연구(literature review), 사례연구(case study), 추세분석(trend analysis) 등으로 연구된 반면에, 본 연구는 용접접합 장치산업에 대한 계량연구(econometrics study)를 수행하였다는 점에서 차이가 있다. 또한 용접접합 장치산업에 대한 효과를 검증하기 위해서 아크용접, 레이저 특수용접, 저

항용접, 브레이징·솔더링 및 용접주변기기 등의 설명변수를 사용하여 용접접합 장치산업에 미치는 효과를 충격반응합수를 통해서 단위당 충격효과를 제시하였다는 점에서 기존 연구와의 차이가 있다.

Welding Power and Welding Robot (I), J. Weld. and Join., 38:3 300-304, <https://doi.org/10.5781/JWJ.2020.38.3.10>.

References

- [1] Grand View Research, 2024, viewed 20 May 2024, Market Analysis Report: Welding Equipment Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type (Automatic), By Technology (Arc Welding, Resistance Welding), By End-Use, By Region, And Segment Forecasts, 2024-2030, <<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/welding-equipment-market>>.
- [2] Wang, Q., Jiao, W., Wang, P., Zhang, Y., 2020, A Tutorial on Deep Learning-Based Data Analytics in Manufacturing through a Welding Case Study, J. Manuf. Process., 63 2-13, <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2020.04.044>.
- [3] Global Information, 2024, viewed 20 May 2024, Global Welding Materials Market 2023-2030, <<https://www.giikorea.co.kr/report/dmin1316307-global-welding-materials-market.html>>.
- [4] Mahadevan R R., Jagan, A., Pavithran, L. Shrivastava, A., Selvaraj, S. K., 2021, Intelligent Welding by Using Machine Learning Techniques, Mater. Today: Proceedings, 46 7402-7410, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.1149>.
- [5] Kim, S. D., Lee, H., Jeong, E. H., Kong, J. E., 2021, New Market Entry Strategies of Industrial Goods Wholesalers: A Case of Sinkang Korea Inc., Regional industry research, 44:4 557-576, <https://doi.org/10.33932/rir.44.4.25>.
- [6] Utech, D., 2013, viewed 15 May 2024, Driving Toward Greater Energy Security, The White House, <<https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2013/11/13/driving-toward-greater-energy-security>>.
- [7] 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>.
- [8] Brätz, O., Klett, J., Wolf, T., Henkel, K. -M., Maier, H. J., Hassel, T., 2022, Introduction Heating in Underwater Wet Welding: Thermal Input, Microstructure and Diffusible Hydrogen Content, Materials, 15:4 1417, <https://doi.org/10.3390/ma15041417>.
- [9] Lee, S., Cheon, J., Kim, C., 2020, Global Market Analysis for



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.