

자동차 부품제조 사업장의 유해인자 노출 농도수준 및 검출율 - 알루미늄 다이캐스팅 공정을 중심으로 -

이덕희 · 문찬석*

부산가톨릭대학교대학원 산업안전보건학과

Evaluation of Exposure Levels and Detection Rate of Hazardous Factors in the Working Environment, Focused on the Aluminum Die Casting Process in the Automobile Manufacturing Industry

Duk-Hee Lee · Chan-Seok Moon*

Department of Environmental and Industrial Health, Graduate School of Catholic University of Pusan

ABSTRACT

Objectives: This study examines exposure to hazardous substances in the working environment caused by exposure to toxic substances produced in the aluminum die casting process in the automobile manufacturing industry.

Materials and Methods: The exposure concentration levels, detection rates and time-trend of 15 hazardous factors in the aluminum die casting process over 10 years(from 2006 to 2016) were used as a database.

Results: The study found that hazardous factors in the aluminum die casting process were mostly metals. The rate for detected samples was 70.6%(405 samples), and that for not detected samples was 29.4%. The noise for an eight-hour work shift showed a 49.7% exceedance rate for TLV-TWA. Average noise exposure was 89.0 dB. The maximum exposure level was 105.1 dB.

Conclusion: The high numbers of no-detection rates for hazardous substance exposure shows that there is no need to do a work environment measurement. Therefore, alternatives are necessary for improving the efficiency and reliability of the work environment measurement. Moreover, to prevent noise damage, reducing noise sources from automation, shielding, or sound absorbents are necessary.

Key words: Aluminum die casting process, work environment measurement, detection, exposure concentration level, noise

I. 서 론

산업구조의 변화와 과학기술이 발전함에 따라 화학 물질의 종류와 사용량은 계속 증가하고 있다. 현재 약 45,000종의 화학물질이 국내에 유통되어 왔으며 매년 약 400종의 신규화학물질이 국내시장에 진입하고 있는 것으로 알려져 있다(Lee et al., 2008a). 이러한 화학물질은 여러 가지 사용상의 이점에도 불구하고 그 유해·위험성으로 인하여 각종 직업병과 안전사고의

발생 원인으로 지목되고 있다(Lee et al., 2008).

주물업으로 불리는 철강주조업은 완제품 또는 반제품 상태의 각종 철강 주물을 제조하는 산업 활동을 말하며 표준 산업분류상 비철금속주조업과 함께 금속 주조업을 이루고 있다(KOSTAT, 2002; Phee & Kim, 2003). 다이캐스팅(Die Casting)은 필요한 주조형상에 완전히 일치하도록 정확하게 기계 가공된 강제의 금형에 대기압 이상의 압력으로 용융금속을 주입하여 금형과 똑같은 주물을 얻는 정밀주조법이다. 이 중에서 알

*Corresponding author: Chan-Seok Moon, Tel: 051-510-0633, E-mail: csmoon@cup.ac.kr

Department of Industrial Health, Catholic University of Pusan, 57 Oryundae-ro, Geumjeong-gu, Busan 46252

Received: March 4, 2018, Revised: March 24, 2018, Accepted: March 26, 2018

© Duk-Hee Lee <https://orcid.org/0000-0003-0109-0776>

© Chan-Seok Moon <https://orcid.org/0000-0002-1310-8403>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

루미늄 다이캐스팅(aluminum alloy for diecastings) 이란 알루미늄 합금 주물 가운데 금속제의 주형을 사용하여 용융 금속을 고압 사출 주조한 것을 말한다(Doopedia, 2017).

금속제의 주형은 반복해서 주조에 사용할 수 있어서 동일 제품을 다수 제조할 수 있다. 또한, 자동화, 기계화가 용이하며, 주조된 제품의 표면도 매끄럽고, 치수의 정밀도도 높다. Al-Si계, Al-Si-Mg계, Al-Mg계, Al-Si-Cu계, Al-Si-Cu-Mg계가 있는데, 특히 Al-Si-Cu-Mg계에서는 고온에서의 강도가 높고, 내마모성이 뛰어나며, 열팽창계수가 작기 때문에 자동차의 엔진 블록, 실린더 헤드 등에 흔히 사용된다(Doopedia, 2017). 또한 알루미늄 다이캐스팅은 자동차를 비롯한 각종 수송 기기의 경량화 추세에 부합하여 알루미늄이 경량화 효과와 다이캐스팅이 갖는 높은 생산성에 따른 비용절감 효과, 우수한 치수 정밀도 등이 장점으로 적용하는 제조공정이 늘고 있다(Park et al., 2005). 다이캐스팅산업의 약 70%가 자동차부품 제조분야이다.

산업현장에서도 더욱 많은 유해물질을 사용하게 되고, 이로 인해 작업환경 내에 발생하는 유해인자는 계속해서 늘어나고 있는 실정이다. 철강주조업의 공정은 크게 용해, 주입(melting & pouring), 조형(molding), 중자(coremaking), 형해체(shakeout), 세정과 마무리(cleaning & finishing)로 대분되고 그 외에 사처리(sand treatment)와 주형 제작(pattern making)등의 공정이 있다(Boone & Houten, 1976; Burgess, 1995; Mirer, 1998; Phee & Kim, 2003). 본 연구의 알루미늄 다이캐스팅 공정은 용해, 사출, 사상 등의 공정을 포함하고 있으며 이러한 공정들에서 발생하는 유해인자는 중금속, 유기화합물, 금속가공유, 광물성분진 등 화학적 인자와 함께 소음, 고온 등의 물리적 인자가 있다(Phee & Kim, 2003).

본 연구는 최근 우리나라 자동차 부품의 주물 공정에서 흔히 볼 수 있으며, 다양한 금속들이 합금으로

사용되는 알루미늄 다이캐스팅 공정에서 발생하는 유해인자들을 파악하였다. 그리고 이들 유해인자의 과거 10년간 노출 농도의 변화를 관찰하여 현재 작업환경에서 나타날 수 있는 문제점을 검토하고자 한다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상인 알루미늄 다이캐스팅 공정은 알루미늄 합금을 용해로에 투입하여 750℃ 고온에서 용해시킨 후 사출장비의 보온로에 옮겨 담아 사출작업까지를 대상공정으로 하였다. 작업공정 내에는 원자재를 용해, 급탕, 금형조립, 사출, 절단, 사상, 사출, 포장 및 출하의 작업공정이 포함되어 있으며, 이중 유해인자의 발생 공정은 용해, 사출과 사상 공정이다. 연구 분석에 사용된 자료는 2006년 7월 1일(하반기)부터 2016년 6월 30일(상반기)까지 10년간 부산지역 A회사의 알루미늄 다이캐스팅 공정에서 실시된 작업환경측정 결과를 취합하였다.

2. 연구방법

1) 작업환경측정 결과 데이터베이스

측정대상 항목은 모두 17개이며 Table 1에 나타내었다. 무기물 및 그 화합물이 14개, 유기물인자가 1개이며, 소음 및 고온인자가 포함되었다. MS-Excel spreadsheet를 사용하여 2006년 하반기부터 2016년 상반기까지 A회사 알루미늄 다이캐스팅 작업장에서 실시한 작업환경 측정결과자료의 유해물질, 측정기간, 측정결과 등의 자료를 연도별로 입력하여 데이터베이스를 구축하였다. 작업환경측정은 매년 상·하반기 구분되어 작업환경측정 전문기관인 B측정기관에서 모두 측정하였으며, 시료의 측정은 고용노동부 작업환경측정 및 지정 측정기관 평가 등에 관한 고시(MoEL, 2016)에 따라 실

Table 1. Hazardous factors(17) in subjected work process

Work process	Hazardous factors	No. of factors
Melting	Noise, High temperature, Aluminum and its compounds (as fume), Copper(as fume), Zinc oxide, Iron oxide(as dust and fume, as Fe), Nickel (as metal), Zirconium and its compounds, Manganese & Inorganic compounds as Mn, Magnesium oxide, Titanium dioxide, Tin (as metal), Lead and Inorganic compounds as Pb, Silica (crystalline quartz)	14
Injection molding	14 Factors of Melting Work process and Ethylene glycol (vapor and mist)	15
Sending	Noise, Aluminum and its compounds (as dust), and Metal working fluids (as mixed solvent soluble aerosol)	3

Table 2. Analytic methods of workroom air for hazardous factors

Hazardous factors	Analysis method
Aluminum and Inorganic compounds (as fume or metal dust), Copper (as fume), Magnesium oxide, Zinc oxide (as fume), Iron oxide(as dust and fume, as Fe), Nickel (Metal), Titanium dioxide, Lead and Inorganic compounds, as Pb, Tin (Metal)Manganese & Inorganic compounds, as Mn	AAS
Zirconium and compounds, as Zr	ICP
Silica (Crystalline quartz)	FTIR
Ethylene glycol (Vapor and mist)	GC
metal working fluids (as mixed solvent soluble aerosol)	Organic solvent extraction
Noise	Dosimetry
High temperature	WBGT

시하였다. 각 유해인자별 측정방법은 Table 2와 같다.

2) 분석방법

작업환경측정 대상 유해인자별로 총 측정건수와 측정시료 중에서 물질이 검출된 것과 검출되지 않은 시료로 구분하여 불검출 시료는 노출이 되지 않은 것으로 판단하고 통계적 분석에서는 제외하였다. 노출기준은 우리나라의 화학물질 및 물리적인자의 노출기준을 적용하였다(MoEL, 2016).

3) 계산 및 결과도출

측정결과를 바탕으로 하여 17개 측정항목 별 2006년-2016년간의 작업측정횟수, 검출 횟수 및 불검출 횟수를 확인하였으며, 검출이 된 경우 분석 결과값을 확인하여 자료로 사용하였다. 유의한 항목은 산술평균, 기하평균, 기하표준편차, 최소값 및 최대값으로 제시하였다.

III. 연구결과

1. 작업환경 측정 및 유해인자의 검출

측정대상 유해인자별로는 10년간 총 측정 횟수는 유기화합물 1종 52건, 금속류 12종 325건, 금속가공유 1종 6건, 소음 151건, 고온 40건, 분진 1종 11건으로 총 16종 574건의 유해인자가 검출되었다(Table 3).

전체 시료채취건수 574건 중에서 검출율은 70.6%(405건)였으며, 불검출율은 29.4%(169건)로 나타났다. 소음 및 고온인자에서는 각각 151회 측정 및 40회 측정에서 모두 검출되었다. 금속류 11종의 검출율은 64.6%(210건), 불검출율은 35.4%(115건)를 나타내었다. 광물성분진은 2011년부터 측정되었고 전체 11회

측정 중 45.5%(5건)의 검출율을 보였으며 불검출율은 54.5%(6건)였다. 금속가공유의 경우는 2008년과 2009년 2년간 측정되었고, 측정결과 중 검출은 33.3%(2건)이며, 불검출율은 66.7%(4건)이었다. 유기화합물은 전체 52회 측정에서 3.8%(2건)의 검출율을 보였고, 불검출율은 96.2%(50건) 수준이었다.

2. 유해인자별 검출시료 비율

A회사 알루미늄다이캐스팅 공정의 10년간 총 20회의 작업환경측정 시료 채취건수를 분석한 결과 유기화합물 1종 52건, 금속류 12종 325건, 소음 151건, 고온 40건, 기타 2종 17건의 유해인자 시료채취건수 574건을 물질별 구분하여 물질별 검출비율을 분석하였다. 물질별 검출결과에서 소음 및 고온, 금속가공유를 제외한 14종 395건에서 217건이 검출되어 54.9%의 검출율을 나타내었으며 검출비율은 Table 5와 같다.

3. 유해인자별 노출농도와 초과비율

1) 무기 및 유기화합물류의 검출

작업환경측정결과를 분석한 결과 유기화합물류 1종 (Ethylene glycol) 및 무기화합물류 12종 물질로 Table 5에 나타내었다. 알루미늄을 용해시켜 제품을 만드는 공정의 특성상 금속류 유해인자가 대부분을 차지하고 있었다. 검출이 50% 이상인 요인은 산화마그네슘, 산화철 분진과 흙, 알루미늄 및 그 화합물(금속분진), 및 산화아연(흙)이며, 산화마그네슘은 100%, 산화철 분진과 흙은 97.5%, 알루미늄 및 그 화합물(금속분진)이 86.9%, 산화아연(흙)이 78.6%로서 전체 12종의 무기화합물류 중 4종만이 과반수 이상의 검출율을 보였다. 산화마그네슘의 노출 농도는 기하평균이 0.0002 mg/m³이며 최대치가 0.0007 mg/m³로서 TLV-TWA는 10mg/m³

Table 3. Detection of hazardous factors from 2006 to 2016 in aluminum die casting process

Year	Detection	Group of hazardous factors (No.)						Total (16)
		Organic compounds (1)	Metals (11)	Metal Working Fluids (1)	Noise (1)	High temperature (1)	Mineral dust (1)	
2006	Det.	0	9	·	9	2	·	20
	ND	2	0	·	0	0	·	2
	Subtotal	2	9	·	9	2	·	22
2007	Det.	·	10	·	17	4	·	31
	ND	·	8	·	0	0	·	8
	Subtotal	·	18	·	17	4	·	39
2008	Det.	0	21	2	18	4	·	45
	ND	4	4	2	0	0	·	10
	Subtotal	4	25	4	18	4	·	55
2009	Det.	2	27	0	17	4	·	50
	ND	2	8	2	0	0	·	12
	Subtotal	4	35	2	17	4	·	62
2010	Det.	0	28	·	15	4	·	47
	ND	4	1	·	0	0	·	5
	Subtotal	4	29	·	15	4	·	52
2011	Det.	0	15	·	12	4	2	31
	ND	8	12	·	0	0	0	20
	Subtotal	8	27	·	12	4	2	51
2012	Det.	0	15	·	12	4	2	31
	ND	8	9	·	0	0	0	17
	Subtotal	8	24	·	12	4	2	48
2013	Det.	0	21	·	12	4	1	37
	ND	8	9	·	0	0	1	17
	Subtotal	8	30	·	12	4	2	54
2014	Det.	0	18	·	14	4	0	36
	ND	8	21	·	0	0	2	29
	Subtotal	8	39	·	14	4	2	65
2015	Det.	0	32	·	17	4	0	53
	ND	4	31	·	0	0	2	35
	Subtotal	4	63	·	17	4	2	88
2016	Det.	0	14	·	8	2	0	24
	ND	2	12	·	0	0	1	14
	Subtotal	2	26	·	8	2	1	38
Total	Det.	2 (3.8%)	210 (64.6%)	2 (33.3%)	151 (100.0%)	40 (100.0%)	5 (45.5%)	405 (70.6%)
	ND	50 (96.2%)	115 (35.4%)	4 (66.7%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	6 (54.5%)	169 (29.4%)
	Total	52	325	6	151	40	11	574

Table 4. Detection rate in organic and inorganic compounds

Hazardous factors	Sample (No.)	Det.* (No.)	%	ND† (No.)	%
Ethylene glycol	52	2	3.8	50	96.2
Magnesium oxide	7	7	100.0	0	0.0
Iron oxide dust and fume, as Fe	40	39	97.5	1	2.5
Aluminum and compounds, as Al (Metal Dust)	122	106	86.9	16	13.1
Zinc oxide (Fume)	42	33	78.6	9	21.4
Silica (Crystalline quartz)	11	5	45.5	6	54.5
Nickel	7	3	42.9	4	57.1
Copper (Fume)	41	14	34.1	27	65.9
Manganese and inorganic compounds, as Mn	7	2	28.6	5	71.4
Titanium dioxide	7	2	28.6	5	71.4
Tin, as Sn (Metal)	7	1	14.3	6	85.7
Zirconium and compounds, as Zr	13	1	7.7	12	92.3
Aluminum and compounds, as Al (Fume)	32	2	6.3	30	93.7
Lead and inorganic compounds, as Pb	7	0	0.0	7	100.0
Total	395	217	54.9	178	45.1

*Det. is Detection.

†ND is no detection.

Table 5. Exposure concentration in Hazardous factorsunit : mg/m³(1 day 8hr)

Hazardous factors	No.*	TLV - TWA	AM	GM	GSD	Min.	Max.
Noise	151	80	89.0	88.8	6.39	62.1	105.1
High temperature	40	-	26.1	26.0	1.75	23.8	28.8
Ethylene glycol	2	- (C100)	0.1880	0.1880	0.0028	0.1860	0.1900
Magnesium oxide	7	10	0.0003	0.0002	0.0002	0.0001	0.0007
Iron oxide dust and fume, as Fe	39	5	0.0109	0.0074	0.0093	0.0004	0.0413
Aluminum and compounds, as Al (Metal Dust)	106	10	0.8642	0.5294	0.3698	0.0009	2.0278
Zinc oxide (as fume)	33	5	0.0009	0.0004	0.0013	0.0001	0.0065
Nickel	3	1	0.0006	0.0004	0.0005	0.0001	0.0010
Copper (as fume)	14	0.1	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003
Manganese and inorganic compounds, as Mn	2	1	0.0010	0.0010	0.0000	0.0010	0.0010
Titanium dioxide	2	10	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001
Tin, as Sn (as metal)	1	2	0.0001	0.0001	·	0.0001	0.0001
Zirconium and compounds, as Zr	1	5	0.0121	0.0121	·	0.0121	0.0121
Aluminum and compounds, as Al (as fume)	2	5	0.0040	0.0029	0.0037	0.0013	0.0066

*No. is number of detected samples

에는 미치지 못하는 미미한 농도수준을 나타내었다. 산화철 분진과 흙은 기하평균이 0.0074 mg/m^3 이며 최대값이 0.0413 mg/m^3 으로 TLV-TWA(5 mg/m^3)에는 미치지 못하는 미미한 노출 농도수준으로 나타났다. 알루미늄 및 그 화합물(금속분진)에서도 기하평균이 0.5294 mg/m^3 이며 최대값은 2.0278 mg/m^3 을 나타내었다. 알루미늄 및 그 화합물(금속분진)의 TLV-TWA는 10 mg/m^3 로서 최대값은 이들 노출기준에는 미치지 못하였지만 알루미늄을 사용하는 사업장에서 나타날 수 있는 농도 수준이었다. 산화아연(흙)은 기하평균이 0.0004 mg/m^3 이며 최대값이 0.0065 mg/m^3 이고, TLV-TWA는 5 mg/m^3 로서 노출은 미미한 수준이었다. 이외의 8개 무기화합물의 경우는 검출율 자체가 50% 이하로서 거의 검출이 되지 않았으며, 항목별 노출 농도에서도 최대값이 TLV-TWA에 거의 미치지 못하는 낮은 수준이었다.

유기화합물은 사출성형기의 유압작동유에 함유된 에틸렌글리콜 1종으로 검출율이 3.8%로서 96.2%가 불검출이었다. 기하평균은 0.1880 mg/m^3 이며 최대값이 0.1900 mg/m^3 이며, TLV-TWA는 없으나 천정치(C)가 100 mg/m^3 로서 의미있는 노출 농도수준을 나타내지 않았다.

2) 소음

소음의 경우 전체 채취 시료수는 151건으로 연도별 소음측정 결과는 2008년 상반기 최대값이 105.1 dB로 전체 시료 중 가장 높게 나타났고, 최소값은 2013년 상반기에 측정된 62.1 dB이었다. 10년간 측정결과 산술평균은 89.0 dB로 우리나라 소음의 노출기준에 근접하는 수준이었다. 소음측정결과 경연변화를 살펴보면 2009년 상반기까지 계속 노출기준을 상회하였으나, 2009년 상반기 86.8 dB로 떨어졌다. 일부를 제외하고 85 dB 초과하고 있었으며 84.8%에 달하였다.

3) 고온

고온의 경우 전체 채취 시료수는 40건으로 연도별 측정 결과는 2007년 상반기 최대값이 28.8°C 로 가장 높게 나타났고, 최소값은 2015년 상반기로 23.8°C 이다. 연도별로 고온측정결과 추이를 살펴보면 2009년 상반기까지 계속 노출기준을 상회하였으나, 2009년 하반기부터 노출기준이하로 내려와 계속 하향안정세를 유지하였다. 2016년 상반기 측정결과 26.4°C 로

2015년 상반기에 비해 2.1°C 상승하였으나, 이는 기후 변화로 인한 2016년 여름에 발생한 이상고온 현상과 동일하게 나타났다.

IV. 고 찰

작업환경에서 유해물질 농도와 유해인자의 조건을 측정하는 것은 유해한 작업환경에서 업무를 하는 작업장의 실태를 파악하고 근로자의 건강과 안전을 확보하는데 있어 매우 중요하다. 또한 작업환경의 정확한 노출평가는 산업보건 및 산업위생의 최대 관심사 중의 하나이다(Shin, 2005). 그리고 우리나라의 작업환경측정결과에 관한 신뢰도의 측면에서도 긍정적인 결과를 나타내고 있다(Khang et al., 2002).

유해인자별로는 금속류 12종 325건, 유기화합물 1종 52건, 금속가공유 1종 6건, 분진 1종 11건, 소음 151건, 고온 40건으로 총 16종 574건의 시료가 채취되었다. 전체 시료채취 건수 574건 중에서 불검출된 시료는 169건으로, 불검출된 측정건수가 전체의 29.4%를 차지하고 있었다. 이 중 물리적 유해인자인 소음과 고온에 대한 측정건수를 제외하면 불검출율은 44.1%로 높아진다. 이는 조사대상 공정이 중소기업이 아닌 대기업 사업장에 분포되어 국소배기설비 등 작업환경이 중소기업에 비해 상대적으로 양호한 것으로 판단된다.

금속류의 경우 산화마그네슘, 산화철, 알루미늄, 산화아연, 니켈, 구리, 망간, 이산화티타늄, 주석, 지르코늄, 납 등 12종의 중금속에 대해 시료채취를 하였으나, 모든 유해인자가 노출기준 이하로 나타났으며, 시료채취 332건에 불검출 시료가 122건으로 36.7%를 차지하였다. 다만, 알루미늄 금속분진이 사출 성형된 제품의 표면을 연마하는 사상 작업에서 최대값이 2.028 mg/m^3 로 노출기준을 초과하지는 않았지만 다른 금속류에 비해 높게 나타났다. 유기화합물 및 금속가공유에서도 노출기준을 초과하는 경우는 한건도 발생하지 않았으며, 대부분의 시료에서 유해인자가 검출되지 않았다. 이는 중금속 발생 공정에 대한 적절한 환기설비의 설치로 유해인자에 대한 노출을 최소화하는 등 효율적인 관리가 이루어진 것으로 파악된다.

현행 산업안전보건법상 법적 측정대상 화학물질을 소량이라도 사용한다면 법적으로 측정을 실시하여야 하며, 이를 실시하지 않을 경우 측정기관 및 사업장이 측정 누락으로 간주되어 불이익을 받는다. 따라서 작

업환경측정의 효과를 높이기 위해서는 관리가 잘 되고 있는 물질은 측정간격을 더 늘리고, 측정결과에서 검출 농도가 높게 나타나는 위험한 물질은 측정 간격을 더 좁히고 측정수를 더 증가시키는 작업환경측정 정책의 개선이 필요할 것으로 보인다(Park, 2014).

소음의 경우에는 최대값이 105.1 dB에 이를 정도로 높게 나타났으며, 10년간 측정결과와 산술평균도 89.0 dB로 노출기준에 근접하였다. 제조공정의 특성상 소음이 발생되고 있으며, 노출기준을 초과하는 측정값도 있었다. 소음으로 인한 장애로는 직업성 난청, 수면장애, 소화장애 등과 작업능률저하, 재해발생 등 직·간접적인 각종 장애가 있다. 소음을 줄이기 위한 공학적 대책은 작업특성상 작업공정 및 근로자의 밀폐, 자동화를 통한 원격시스템 외에는 현실적으로 특별한 개선대안이 없어 즉각적인 개선이 어려우므로 소음에 대한 대책으로 청력보호구 착용이 가장 간편하며 근로자에게도 실질적인 도움이 될 것이다. 어떠한 보호구를 착용하든지 보호구는 소음에 노출되는 시간 동안 지속적으로 사용하여야 소기의 목적을 달성할 수 있으므로, 소음 노출자에 대한 교육을 지속적이고 효율적으로 실시하고 청력보호구에 대하여 숙지한 내용을 실제 현장에서 사용할 수 있도록 동기를 부여하는 것이 중요하다.

Yu(2002)의 연구결과 작업환경측정의 신뢰도에 관한 설문조사에서는 생산직 근로자의 29.0%, 보건관리 담당자는 50.0%가 ‘신뢰한다’고 응답하여 차이를 보였으나 전체적으로 60.0%가 ‘신뢰한다’고 발표한 바 있다(Yu, 2002). 또한 다른 연구에서도 작업환경측정의 실시 주기를 아는 근로자가 49.0%로 절반정도가 알고 있는 것으로 나타나 측정주기에 대해서는 확실히 알지 못하는 경우가 많았다. 작업환경측정결과와 신뢰성에 대해서는 69.2%의 근로자가 신뢰한다고 응답하여 비교적 긍정적인 결과를 나타내었다(Khang et al., 2002). 최근 측정기술 및 측정기기의 개발과 함께 측정방법의 발전으로 유해화학물질에 대한 정확한 측정이 가능하게 되었으나, 작업환경 중 화학물질 농도는 사용량이나 작업방법, 온도와 습도 등에 따라 변이가 커지기 때문에 연 1~2회 실시하는 작업환경측정결과가 그 작업 또는 근로자의 노출농도를 대표한다고 보기는 어렵다(Park, 2014). 그렇다고 무작정 측정일수나 측정횟수를 늘린다는 것도 시간적, 경제적 문제 등 여러 가지 제약이 있다. 자동차부품 제조 공정의

유해인자는 대부분 2개 이상의 복합적인 유해인자에 노출되고 있으므로 각 공정에 대한 적합한 작업 매뉴얼의 개발, 각 유해인자에 적합한 형식과 규격을 갖춘 환기설비의 설치와 지속적인 유지관리, 유해인자 발생원에 대한 효율적인 관리가 요구되며 사업주를 포함한 관리자 및 근로자에 대한 쾌적한 작업환경조성을 통한 직업병예방에 대한 인식을 고취시키기 위한 안전보건교육이 요구된다(Park, 2004).

작업환경측정 결과에 영향을 미치는 산업구조변화 및 기술개발로 신물질의 사용과 새로운 공정이 나타나고 있고 이러한 새롭게 바뀌는 작업환경을 보다 효과적으로 관리 할 수 있는 방안이 요구된다(Jeong et al., 2017). 또한 작업환경측정 측정결과 자체의 신뢰성 제고와 아울러 작업환경측정을 통하여 대상 사업장의 유해위험성 파악, 위험성 평가, 위험성관리와 같은 심도 있는 위험성 관리가 추후 연구되어야 할 것으로 생각된다(Choi, 2008).

다이캐스팅용 알루미늄 합금의 경우 유동성을 부여하기 위해 여러 가지 금속 또는 비금속 성분을 첨가하고 있다. 이러한 첨가물에 대한 정확한 파악과 물질 안전보건자료의 지속적인 업데이트, 각 유해인자 발생원에 따라 가장 효율적인 환기설비 설치와 지속적인 관리와 함께 작업환경측정을 통해 노출정도를 파악하고 작업환경을 개선하여 근로자의 건강을 유지시킬 수 있는 연구가 지속되어야 할 것이다.

V. 결 론

본 연구는 부산지역에 위치한 A회사의 알루미늄 다이캐스팅(Al Die Casting) 작업장을 대상으로 2006년 7월부터 2016년 6월까지 10년간 실시한 유기화합물 1종, 금속류 12종, 금속가공유, 소음, 고온에 대한 작업환경 측정결과를 분석하였다.

전체 시료채취 건수 574건 중에서 불검출된 시료는 169건으로, 불검출된 측정건수가 전체의 29.4%를 차지하였으며, 물리적 인자를 제외하면 유해물질의 경우 44.1%가 불검출로 나타나 대상 유해 인자의 측정당위성이 약하게 나타났다. 그러므로 작업환경 측정의 효율성을 높이기 위해서는 위험성이 높은 물질은 신규로 확인하고 위험성이 낮은 인자의 경우는 측정의 간격을 넓히는 등 정책적 고려가 필요하다. 알루미늄 다이캐스팅 공정의 경우 소음이 노출기준을 초과

하는 경우가 많아, 가장 유해한 인자로 확인되었으며 소음 발생원에 대한 자동화나 밀폐가 필요하고, 흡음재 등을 사용하여 소음의 전파경로를 줄이는 대책이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 부산가톨릭대학교 2016년도 학술연구비 지원으로 수행되었음

References

- Boone CW, Houten RW. Comparison of foundry dust evaluation by various methods. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1976;537-540
- Burgess WA. Foundry Operations. In : Recognition of health hazards in industry(A review of materials and processes), 2th ed, John Wiley & Sons, Canada, 1995. p. 106-135
- Choi S. Assessment on work environment monitoring program in Korea. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2008;18(4):282-292
- Doopedia. Aluminum alloy for diecastings. [cited 2017 Oct 25]; <http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1262959&cid=40942&categoryId=32353>
- Jeong JY, Kang TS, Lee SG, Park HD, Kim KY. An improvement plan for a workplace monitoring system through random selection of workplaces and unnoticed measurement inspection. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2017;27(2):105-114
- Khang JM, Roh Y, Kim JM, Jeong CH, Phee YG. The recognition about the working environmental measurement of workers in small and medium scale industry at Incheon Area. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2002;12(1):62-72.
- Lee KS, Jo JH, Choi JH, Choi S, Lee JS et al. Study on the validity of selection management-necessary substances that using toxicology and physical property database. KOSHA Research report. 2008
- Lee KS, Lim CH, Lee JH, Lee HJ, Yang JS et al. Study on the comparison of GHS criteria and classification for chemicals and the practical use of chemical information database. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2008a; 18(1):62-71
- MoEL(Ministry of Labor in Korea). Working environment measurement and designated organization of measurement. (Notice No. 2016-41).; 2016.
- Park JY, Kim ES, Park IM. The behavior of chill layers with temperature variation of shot sleeve in aluminium die casting process. *Journal of Korea Foundry Society*. 2005;25(4):168-172
- Park SJ. A study on status of working environment by type of working process in manufacturing industry of parts and accessories for motor vehicles and its engines. Thesis of master course of graduate school of public health, Inje University. 2004
- Park JS. Study on characteristics of airborne chemical concentrations for some workplace measurement data in Chungbuk province from 2010 to 2012. Thesis of master course, The Graduate School Hansung University. 2014
- Phee Y-G, Kim H. Current status of environmental hazards of iron and steel foundry operations in Korea. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2003;13(2):99-106
- Shin ES. Industrial hygiene evaluation methods. *Donghwakisool* 2005. p. 17-18
- Statistics Korea. Korean standard industrial classification. Available from: URL:<http://www.nso.go.kr:7001/standard/industry/industry.cfm>, 2002
- Yu SY. Comparison of recognition on the working environmental measurement between industrial workers and health administrators. Thesis of Graduate School of Health Science and Management, Yonsei University. 2002