

論 文

大韓 溶接學會誌
第2卷第1號 1984年 3月
Journal of the Korean
Welding Society
Vol. 2, No. 1, Mar., 1984

아아크 용접봉 피복제의 함수량이 용접 금속의 기계적 성질에 미치는 영향

尹熙萬* · 金淵植** · 朴鍾殷***

**Effect of Moisture in Arc Welding Electrode on Mechanical
Properties of Weld Metal**

by

H. M. Yun*, Y. S. Kim**, J. E. Park***

Abstract

Moisture content in the coating of an electrode is known to cause defects such as porosities, fish eyes and cracks in the weld metal, however, quantitative relationship between them is not clearly understood.

In this study widely consumed and the most common type of arc welding rods such as ilmenite and low hydrogen type were chosen for the investigation, and attempts were made to correlate the relationship between the mechanical properties and gas contents when welding was carried out with electrodes of various moisture contents.

As the relative humidity changed from 70% to 92%, it was determined that moisture content to reach saturation was in the range of 0.6~6.8%. As the moisture content in the electrode coating was increased, the amount of gaseous components (H, O, N) in the weld metal was accordingly increased, especially diffusible hydrogen showed prominent effect, i.e. it increased proportionally to the increase of the moisture content. The mechanical properties of the weld metal was observed to become more inferior as the diffusible hydrogen was greater.

It was determined for ilmenite type of electrode that the increase of hydrogen content was approximately 1.8ml per unit weight percent increase of moisture and also tensile strength resulted lowering from 45.3kg/mm² to 42.7kg/mm² as moisture content increased from 0.7% to 6.8%. For low hydrogen type the increase of the hydrogen was about 2.4ml per unit percent of moisture and tensile strength decreased from 63.0kg/mm² to 53.8kg/mm² particularly in the region of moisture content 0.1~4.2%.

* 서울대학교 대학원

** 서울대학교 공과대학

*** 서울대학교 공과대학. 정회원

1. 서 론

용접 이음부에는 결함이 없음이 이상적이다. 그러나 실제 용접 이음부에는 결함이 생기는 경우가 상당히 많다.

결함의 발생 빈도는 용접기량, 용접 분위기, 모재의 조성, 용접봉 피복제의 성분, 냉각 속도 등 여러 가지 원인에 의해서 다르다.¹⁻³⁾ 특히 용접부에 발생하는 기공, 균열, 언점과 같은 결함들은 주로 용융 금속 중에 녹아있던 가스의 용해도가 응고 과정에서 감소하기 때문인 것으로 알려져 있다.⁴⁾ 그런데 용착 금속에 용입되는 가스의 용해도는 용접 작업 중의 아아크 분위기의 가스 분압에 따라 달라지는 것이므로 용착 금속 중의 이런 결함들은 아아크 분위기와 직접 관련이 있다고 하겠다.⁵⁻⁷⁾

아아크 분위기 중 특히 문제가 되는 기체 성분은 수소, 산소, 질소라 하겠으나 전술한 결함의 주요 성분은 수소라는 것이 알려져 있다.⁸⁾ 따라서 수소가 용접 이음의 강도에 미치는 영향은 크고, 용접 기술이 많이 발전되었다고 하는 현재에도 이에 관한 연구가 계속 발표되고 있다.⁹⁻¹⁰⁾

그런데 수소의 공여 물질은 수분인 바 이런 수분은 용접봉 피복제 자체가 수분을 흡수하기 때문에, 또는 용접 작업이 일반적으로 대기중에서 이루어지기 때문에, 용접봉 피복제의 함유량 또는 대기중의 수분이 필연적으로 관여하기 마련이며, 이에 따라 결함 발생과 수분함량은 불가분한 관계를 갖게 된다.

용접 작업에 있어서는 원칙적으로 용접봉을 사용전에 건조하여 사용토록 요구하고 있으나, 실제적으로 잘 지켜지지 않는 경우도 있다. 또, 대기중의 습기는 계절에 따라서 변동하므로 같은 용접기량으로 작업한다 하더라도 그 결과는 계절에 따라 다를 수가 있다.

용접 이음의 질적 향상을 위해서는 그 불량 요인을 찾아야 그 대책의 강구가 가능할 것이나, 국산 용접봉에 대해서는 이의 검토를 위한 정량적 자료를 아직 찾아 볼 수 없다. 특히 수분-용해된 수소량-기계적 성질의 상호 관계를 정량적으로 다룬 연구는 전혀 없다.

그래서 본 연구에서는 국산 용접봉에 의한 용착 금속의 질적 향상을 도모하기 위하여, 우선 다수용 용접봉을 대상으로 연구를 수행하였다. 즉 본 연구에서는 용접부에 발생하는 결함 요인 중 피복제 중의 함유량이 미치는 영향을 고려하여, 함유량에 따라 용접 결과가 어떻게 달라지는가에 대해서 중점적으로 조사하였다. 따라서 용접봉 피복제가 얼마만큼의 수분을 함유하게 되

는가를 조사하기 위하여, 우선 상대습도를 달리하는 조건에서 용접봉을 방치하여 포화 수분량을 구하고 이에 필요한 소요 시간을 용접봉 종류별로 조사하였다. 다음 이렇게 처리된 함유량을 달리하는 용접봉을 사용하여 실제로 용접한 후, 용착 금속 중에 존재하는 가스량(수소 및 산소)을 측정하였다. 또한 용착 금속 중에서 인장 시편을 채취하여 기계적 성질도 조사하였다. 이렇게 얻은 실험 결과를 용접봉의 함유량을 변수로 하는 용착 금속의 기계 함유량과 기계적 성질의 변화로 상호 관련시켜 검토하였다.

2. 실험

2.1 실험 재료

2.1.1 용접봉

실험 대상으로 한 용접봉은 국내에서 많이 사용되는 2종의 대표적인 제품으로서, 일메나이트제와 저수소제이다. 각 종류마다 2개 회사(A, B)의 제품을 선정하였으며 지름은 4mm이었다.

KS E4301에 규정된 일메나이트제의 그 피복제는 티탄철광(FeTiO₂)이 주성분이며, KS E5016에 규정된 저수소제의 피복제 주성분은 석회석(CaCO₃), 형석(CaF₂)이다. 용접봉 심선의 성분은 일메나이트제, 저수소제 모두 SWRW 1A에 해당하는 강종이다. 그 대표적인 성분 함량은 C 0.08%, Si 0.03%, Mn 0.50%, S 0.028%이며, 기체 성분의 함량(실측 결과)은 O, H, N 각각 521, 2.0~3.5, 13~19 ppm이었다.

2.1.2 용접 시편

실험용 용접 모재는 용접 구조용 압연 강재인 SM 41A를 선정하였다. 가스량 측정용의 용접 시편은 KS BO 823 규격에 준해 두께 10mm, 폭 25mm, 길이 130mm의 시편으로 절단한 다음 시편 중에 가스원이 되는 요소를 제거하기 위하여 650°C에서 약 1시간 유지시켰고, # 220 emery paper로서 연마한 후 유기물의 접촉이나, 산화물의 생성을 방지하기 위하여 폴리에틸렌 필름으로 싸서 보관하였다. 한편 인장 시험용 용접 시편의 채취는 KS B 821, 형상 및 치수는 동 규격 A2호에 따랐다.

이렇게 만들어진 인장 시험용 용접 시편에 용접 작업을 하기 전에 표면에 부착된 산화물이나 유기물을 제거하기 위하여 hand grinder로서 연마하고 용접에 임하였다.

모재 성분의 분석값은 Table 1에 표시하였다.

Table 1. Chemical components of the base metal

Element	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
%	.20	.082	.77	.018	.020	Tr.	Tr.	Tr.
Gas	H	O	N	—	—	—	—	—
ppm	4.0	181	34	—	—	—	—	—

2.2 실험 방법

2.2.1 용접봉의 흡습량 측정

용접봉에 수분을 부여하기 위하여 Fig. 1과 같은 vapor chamber를 만들어 그안에 들어있는 물의 온도 변화로 chamber 속의 수증기압을 조절해 줄 수 있도록 하였다. controller를 이용하여 물의 온도를 일정하게 유지함으로써 chamber 속의 수증기압 역시 일정하게 해주었다. 이렇게 함으로써 chamber 속의 습도 조건을 일정한 시간 동안 균일하게 할 수 있었다. 이때 chamber 속의 습도는 Mason식 습도계로써 상대습도를 측정하였다. 소정의 함수량을 갖게 하기 위한 용접봉 시료는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 이 chamber 속에 설치한 선반 위에 필요한 시간 동안 방치해 두었다.

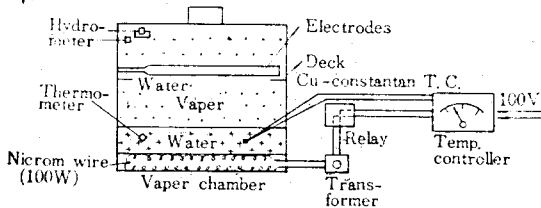


Fig. 1. Schematic illustration of vapor chamber for constant relative humidity and temperature

이때 chamber 속의 물은 약 1000 ml 정도 넣었으며, 물의 온도를 바꿔 vapor chamber 속의 습도를 70% (26°C), 75%(28°C), 80%(29°C), 85%(30°C), 92% (33°C)로 하였다. 각 종류의 용접봉을 10개씩 임의로 골라 chamber 속에 넣고 5시간 혹은 10시간 주기로 용접봉의 무게 증가를 천평으로 측정하는 한편, 무게 변화가 거의 없는 점에 가서는 적외선 수분 측정기(Kett 회사 제 F-2A형)를 이용하여 피복재중의 수분량을 측정하였다. 이때 용접봉의 무게가 증가하는 것은 용접봉 피복재가 수분을 흡수하기 때문이며, 피복재의 무게는 용접봉 무게에서 심선의 무게를 뺀 것으로 하였다. 또한 적외선 수분 측정기를 이용할 때에는 직접 용접봉 시료

로부터 피복재를 벗겨서 시료로 사용하였다.

흡습량을 측정하기 위한 시료는 용접봉 제조 후 흡수된 수분을 제거하기 위하여 일메나이트계 용접봉인 경우는 80°C에서, 지수소재인 경우는 300°C에서 각각 30분 동안 oven에서 건조시켰다.

2.2.2 용접 방법

용접 시편에 용접 작업을 하기 위해 교류 용접기를 사용했으며, 용접 작업의 객관성을 위해서 용접 조건에 세심한 배려를 하였다. 즉 용접 속도를 일정하게 하기 위하여 자동 절단기용 정속도 이동 장치를 이용하여 용접 속도를 150mm/min로 하였으며, 균일한 아아크와 적정 수준의 아아크 길이를 유지하기 위하여 자동 절단기에 장치한 용접봉 가이드(guide)¹⁾를 통해 1급 용접기능사로 하여금 용접 작업을 수행케 하였다. 이리하여 용접 시험 결과의 재현성 유지에 가능한 노력을 경주하였다.

이상과 같은 용접 작업에서도 용접 결과에는 외기 조건 변동에 따라서 변화의 우려가 있으므로 가끔씩 외기 조건을 동일하게 하기 위하여, 바람이 없는 맑은 날 새벽 중 오후 6~9시 사이에 용접 작업을 실시하였다. 이 때의 외기 조건은 온도와 습도가 각각 18±2°C, 70±3%이었다.

용접 조건은 Table 2에서 보는 바와 같다. 이밖에도 용접성 조사용 시편의 제작상, 서로 다른 용접 작업을 실시하였는데 그것은 다음과 같다. 즉 가스량 측정용인 경우는, 1개의 용접 시편 표면에 용접봉 전체 길이 (400mm) 가운데 처음 2/5 가량을 소비하여 용착 금속이 대략 6~8g/cm 정도 되게 single bead를 놓았으며, 인장 시험용인 경우는 용접봉 1개를 완전히 소비하여 이

Table 2. Arc welding conditions

Items	Conditions
Welding electrode dia	4mm
Welding method	AC arc welding
Arc length	<4mm
Preheating	none(ambient temp.)
Arc voltage	25~30 V
Arc current(1st, 3rd, 4th pass)	130~140 A
Arc current(2nd pass)	120~135 A
Lead angle of electrode	15°
Welding speed	150mm/min.
Base plate temp.	ambient temp. (17~20°C)

를 4번 반복하여 모두 4패스로 완성시켰다. 각 패스도중에는 슬래그를 제거하기 위하여 steel brush를 이용하여 슬래그를 완전히 제거한 다음, 다음 패스를 진행시켰다.

2.2.3 가스량의 측정

용착 금속 내에 존재하는 결합의 정도와 관계되는 가스량(특히 수소량)을 측정하기 위해서는 여러 가지 방법이 있으나 본 실험에서는 AWS-ASTM 규격¹²⁾, JIS 규격¹³⁾, KS 규격¹⁴⁾에 준한 glycerin 치환법을 사용했다. 그 장치는 Fig. 2와 같다. 즉 glycerin 약 8ℓ를

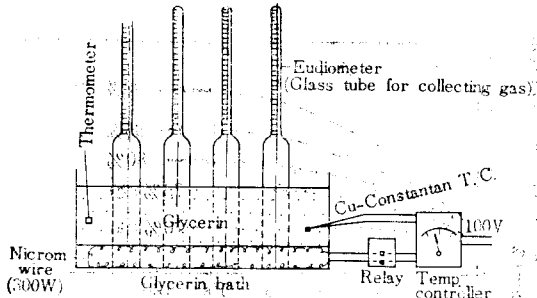


Fig. 2. Schematic illustration of the apparatus for collecting gas in the weld metal

스테인레스 용기에 넣고 45°C로 유지시켜 놓은 다음, 동일 온도의 glycerin을 eudiometer에 가득 채웠다. 여기에 용접된 시편을 넣어 공기의 침입을 막기 위해 유리판으로 용기의 밀을 막아 glycerin 용기 속에 거꾸로 세웠다. 가스량 측정용 용접 시편은 용접 작업 직후 흐르는 수도물에 급냉시킨 다음, steel brush를 사용하여 슬래그를 제거한 것을 사용하였다.

또한 용착 금속내의 수소 가스 성분과 산소 가스 성분을 각각 별도로 알아보기 위하여 hydrogen determinator(LECO 회사의 RH-1)와 oxygen determinator(LECO 회사의 TC-36)를 이용하였다. 이 방법은 시료를 용융시켜 이 중에 포함된 가스를 thermal conductivity의 차이로써 정량하는 원리로 되어있는 장치로서 Fig. 3에 그 gas flow block diagram을 표시하였다. 여기에 사용한 시료는 용착 금속만의 chips로서 이것을 알코올로 세척하여 유기물을 제거한 다음 말린 것을 사용하였다.

2.2.4 인장 시험

용접봉 피복제의 함유량에 따른 기계적 성질을 조사하기 위하여 인장 시험용 용접 시편을 instron 인장 시험기에 걸어 cross head speed를 2mm/min로 해서 stress-strain diagram을 얻었으며, 이로부터 인장 강도 0.1% 항복 강도 및 연신율을 구하였다. 인장 시험용 시편은 4패스의 맞대기 용접 작업을 한 후 전용착 금속 시험을 실시하였다.

3. 실험 결과 및 검토

용접봉 피복제의 흡습도, 용착 금속 중의 가스량 및 기계적 성질을 연구한 결과는 다음과 같다.

3.1 일정한 상대습도에서의 용접봉의 흡습도

vapor chamber 속의 상대습도 조건을 달리한 상태에서 시 시간에 따른 용접봉 피복제 중의 수분량을 측정한다

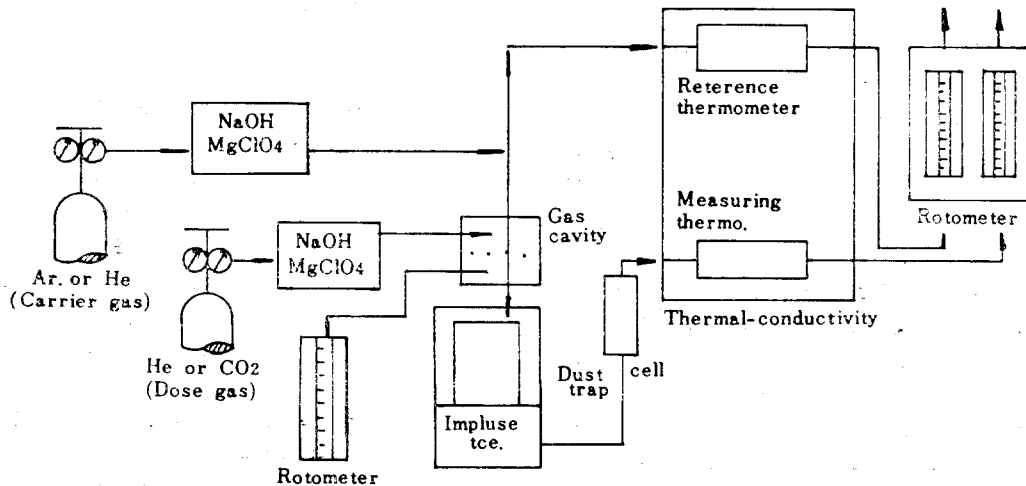


Fig. 3. Gas flow block diagram of gas determinator

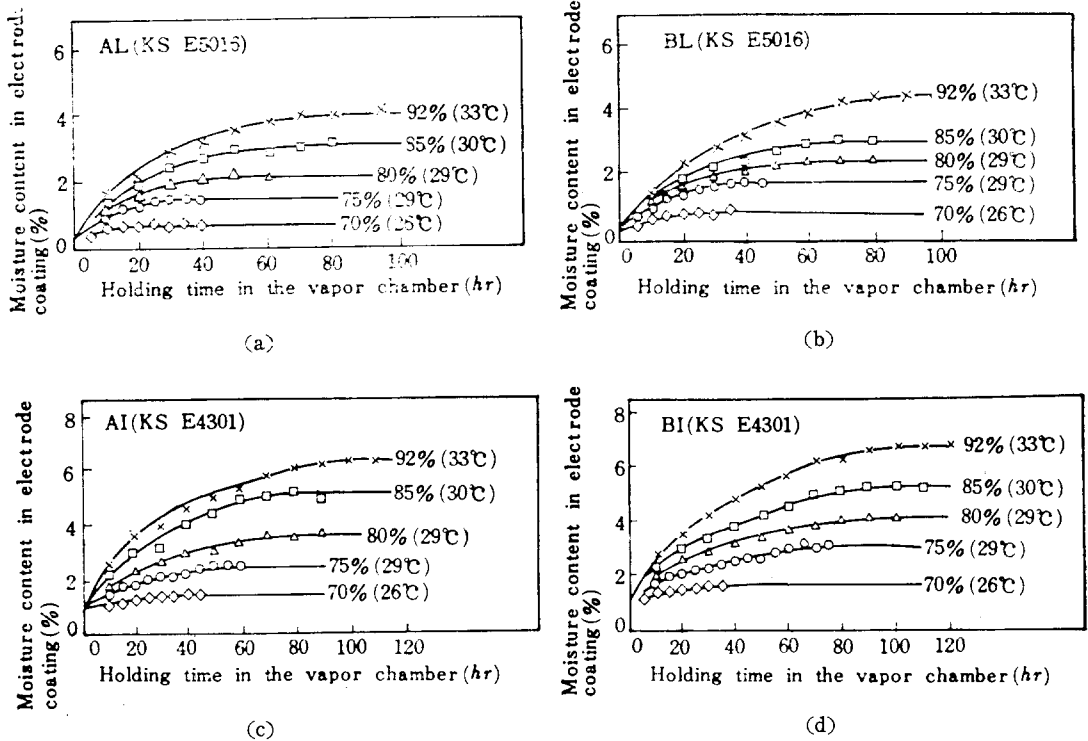


Fig. 4. Absorption rate of moisture in the welding rod at various relative humidities

결과를 Fig. 4에 각 maker 및 종류별로 표시하였다. 여기에서 알 수 있는 바와 같이 상대습도가 증가함에 따라 포화 수분량은 증가하며, 이에 도달하는 시간도 길어지고 있다. 이것은 습도의 증가에 따라 수증기의 분압이 커지기 때문에 당연하다고 하겠다.

Fig. 5는 Fig. 4를 토대로 A, B 2개 maker의 일메나이트제 및 저수소계 용접봉에 대한 수분 흡수에 있어서 포화 수분량과 이에 도달하는 시간을 표시한 것이다.

Fig. 5에서 보면 용접봉 피복제의 포화 수분량과 그 수치에 도달하는 시간은 상대습도의 증가에 따라 일반적으로 증가하나 일메나이트제와 저수소계 용접봉은 그 정도에 큰 차이가 있다. 즉 포화 수분량의 경우 상대 습도 10% 변화에 대해서 일메나이트제에서는 수분량이 약 2.5% 증가하는데 비하여 저수소계에서는 약 1.6%가 증가하고 있다. 또한 포화 수분량에 도달하는 시간을 보면 상대습도의 증가에 따라 그 소요 시간의 변화는 저수소계보다 일메나이트제인 경우 더 큰 것으로 나타나고 있다. 즉 저수소계인 경우 상대습도 10% 증가에 대해 소요 시간이 대략 23시간 증가하는데 비하여 일메나이트제인 경우는 대략 28시간 증가하고 있다.

이렇게 일메나이트제 쪽의 포화 수분량이나 소요 시

간이 더 큰 값으로 나타나는 것은, 일메나이트제의 피복제 중에 가용성의 silicate 입자가 저수소계보다 더 많이 있어서 더 많은 수분을 함유할 수 있기 때문이다. 즉 일메나이트제 피복제 100g에 대해서, 가용성 물질에 의한 무게 감량이 5.78%인데 비해 저수소계인 경우는 3.29%로서, 일메나이트제 피복제가 더 많은 습기를 흡수할 수 있는 소지가 있다. 따라서 여기에 필요한 시간도 더 많이 소요되는 것이라고 생각된다.

관상대의 자료에 의하면 우리나라의 겨울, 봄철의 상대습도는 65~70%이며, 여름, 가을철에는 75~85%이다. 본 실험 결과를 보면, 이러한 상대습도일 때 대략 겨울, 봄철에 해당하는 습도 70% 조건에서는 포화 수분량이 용접봉의 종류나 maker에 따라 다소의 차이는 있으나 0.8~1.7% 범위 이내의 작은 값이며, 평균 상대습도를 80%로 볼 수 있는, 여름, 가을철에는 용접봉에 따라 약 2.3%(저수소계) 또는 약 3.8%(일메나이트제)로서 큰 차이가 있다.

3.2 피복제 중의 함유량에 따른 용착 금속 중의 기체 원소 함유량

2개 maker의 일메나이트제 및 저수소계 용접봉 각각에 대하여 함유량이 다른 것을 사용하여 용착 금속 중

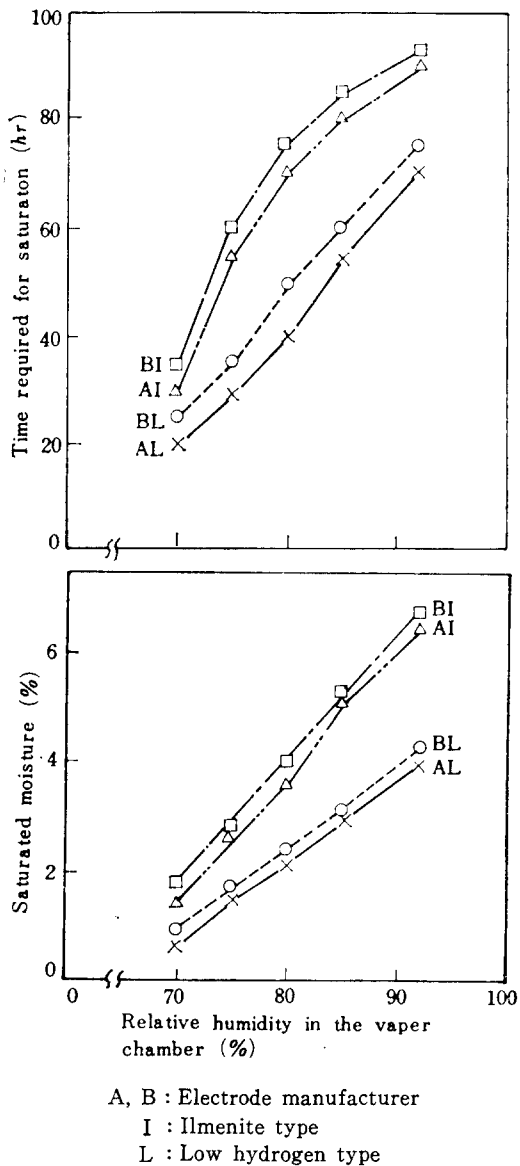


Fig. 5. Absorption of moisture by the coating of various welding rods

의 가스량을 측정된 결과를 Table 3과 Fig. 6, 7, 8, 9에 표시하였다.

여기에서 glycerin 치환법에 의한 가스량(특히 수소량)은 eudiometer에 포집된 가스량을 용착 금속 100g 당의 0°C 1기압으로 환산한 부피로 나타낸 것이다. 이 Table과 Figs.에 수소 및 산소량도 별도의 방법(LECO determinator)으로 측정된 것을 함께 표시하였다.

Figs.에서 알 수 있는 바와 같이 glycerin 치환법에

의한 가스량은 용접봉 피복제의 수분량이 증가함에 따라 증가함을 알 수 있었다. 또한 수소량과 산소량도 용접봉 피복제 중의 함수량이 증가하면 각각 증가하는 것을 알 수 있었다. 용착 금속 중의 수소나 산소는 피복제 중의 수분이 아아크 분위기 속에서 분해되어 용융 상태의 용착 금속 중에 용입하기 때문에 당연한 결과라 하겠다.

이 중에서 수소는 용접부의 결합 중 기공과 직접적 관련이 있는 것이며, 확산성 수소와 비확산성 수소로 대별된다.^{4,8)} 확산성 수소는 철의 결정격자 내에서 자유로이 확산할 수 있는 원자 혹은 이온 상태의 수소로서, 용접 후 실온에서 장시간 방치하면 외부로 전부 방출되는 데 반해, 비확산성 수소는 철의 결정 격자내의 결합이나 비금속 개재물 주변에 분자 상태의 수소로 존재하여 실온에서는 확산이 어렵게 된다. 따라서 glycerin 치환법에서는 1분 이내에 용접된 시편을 glycerin 속에 넣어 가스량을 측정된 것이고, gas determinator에 의한 수소량 측정은 용접 후 1주일 동안 실온에서 방치한 것을 이용하여 용융시켜서 측정된 것이다. 따라서 glycerin법에 의한 가스량은 확산성 수소량이며, gas determinator에 의한 용융법으로 측정된 수소량은 비확산성 수소량이라는 것을 알 수 있었다. 또한 용착 금속내의 전체 수소량은 이 두 값을 합한 것과 같다고 할 수 있다.

이러한 확산성 및 비확산성 수소라는 관점에서 Fig. 6, 7, 8, 9를 살펴보면 일메나이트계 용접봉인 경우는 확산성 수소량이 비확산성 수소량의 4배 이상으로 확산성 수소량이 전체 수소량을 지배함을 알 수 있다. 이에 반해 저수소계인 경우는 확산성 수소량과 비확산성 수소량이 거의 동등함을 알 수 있다. 그런데 두 type에서 비확산성 수소량은 전조된 봉을 사용하거나, 수분을 함유한 봉을 사용하거나 간에, 그 값이 거의 같은 비율로 증가하는 것으로 나타나고 있다. 이러한 현상을 통해 일메나이트계 용접봉의 경우 저수소계 용접봉에 비해 확산성 수소량이 월등히 많이 나타나며, 이것으로 인해 자연히 전체 수소량은 확산성 수소량에 의해서 주로 지배됨을 알 수 있다. 즉, 용착 금속 중의 수소는 피복제 중의 수분량이 동일할 때 피복제의 조성에 따라, 일정한 부분은 비확산성 수소로 되고, 그 이상은 대부분 확산성 수소로 됨을 알 수 있다. 따라서 확산성 수소량을 조사함으로써 전체 수소량의 변화 모양을 예측할 수 있다.

glycerin 치환법에 의한 확산성 수소량은 용접봉 피복제 중의 수분량 증가에 따라 일정한 구간내에서 거의 직선적으로 변화하고 있음을 알 수 있었다. 따라서 일

Table 3. Gas content in the weld metal with various moisture contents of the welding rods

Moisture content in welding rod %			0.2	0.9	1.7	2.4	3.1	4.2
Gas contents								
BL ($\frac{STPml}{100g}$)	Hydrogen	①	1.8	2.8	4.0	7.0	8.9	11.5
	Hydrogen	②	2.8	—	4.9	—	5.2	10.9
	Oxygen	②	22.1	—	30.3	—	35.7	36.7
Moisture content, in welding rod %			0.1	0.6	1.5	2.1	3.0	4.0
AL ($\frac{STPml}{100g}$)	Hydrogen	①	2.1	2.9	5.5	7.1	8.6	10.3
	Hydrogen	②	4.7	—	6.6	—	9.1	12.4
	Oxygen	②	32.1	—	37.0	—	37.0	42.7
Moisture content in welding rod %			0.8	1.7	2.8	4.0	5.3	6.8
B I ($\frac{STPml}{100g}$)	Hydrogen	①	28.4	29.9	31.8	34.5	36.6	40.0
	Hydrogen	②	4.8	—	6.7	—	10.0	15.1
	Oxygen	②	71.3	—	85.4	—	92.3	96.8
Moisture content in welding rod %			0.7	1.4	2.6	3.6	5.2	6.3
A I ($\frac{STPml}{100g}$)	Hydrogen	①	29.3	30.6	33.7	34.8	35.7	37.6
	Hydrogen	②	5.3	—	8.2	—	12.4	20.3
	Oxygen	②	71.4	—	76.2	—	85.5	93.9

- ① : Glycerin exchange method, mean value of 8 tests
- ② : Fusion method by gas determinator, mean value of 3 tests

정한 구간 내에서 용접봉 피복제의 수분량을 알면 확산성 수소량이 어느 값으로 나타날 것이라는 것을 예측할 수 있겠다. 이러한 작업을 위해 Fig. 6, 7, 8, 9를 토대로 최소자승법을 적용하여 직선의 기울기와 절편을 구한 것을 Fig. 10에 표시하였다. 용접봉 피복제의 수분량 증가분(%)에 대한 용착 금속 중의 확산성 가스량의 증가분(STPml/100g)을 확산성 수소량의 변화율이라고 정의할 때, Fig. 10에서 알 수 있는 바와 같이 저수소계 용접봉의 경우가 일메나이트계 용접봉의 경우보다 확산성 수소량의 변화율이 크다. 또 건조 상태의 용접봉을 사용했을 경우에 해당하는 수분량에서의 확산성 수소량은 더 작은 값으로 나타남을 알 수 있다. 즉 A 및 B 두개의 maker에 따라 약간의 차이는 있으나, 일메나이트계 용접봉을 사용했을 경우 확산성 수소량의 변화율이 1.5~2.1(ml/%)인데 비해 저수소계 용접봉의 경우는 2.2~2.6(ml/%)으로 나타나며, 건조 상태의 용접봉을 사용한 일메나이트계의 경우는 28.4~29.3(STP ml/100g), 저수소계인 경우 1.8~2.1(STP ml/100g)의 확산성 수소량을 함유하게 되는 것을 알 수 있다. 이렇게 건조 직후의 용접봉에 대해서 종류나 maker별로 확산성 수소량에 차이가 나타나는

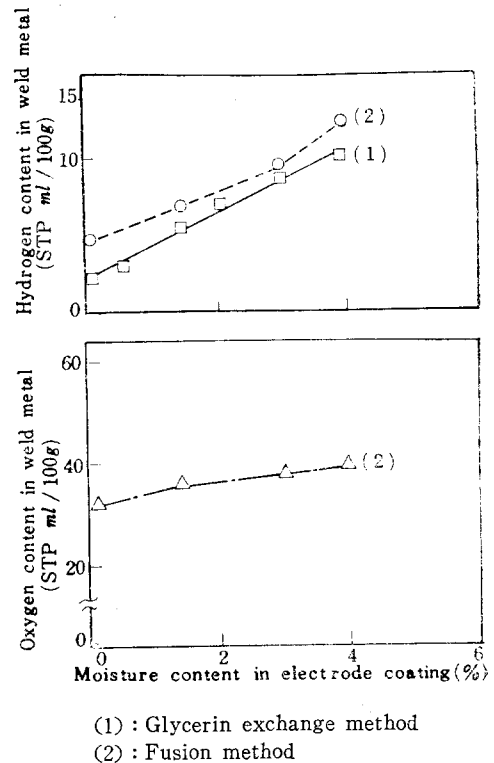
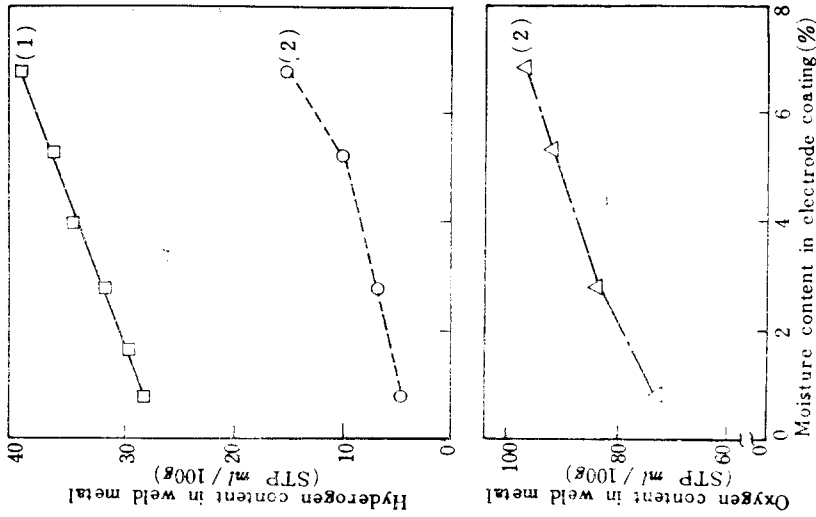
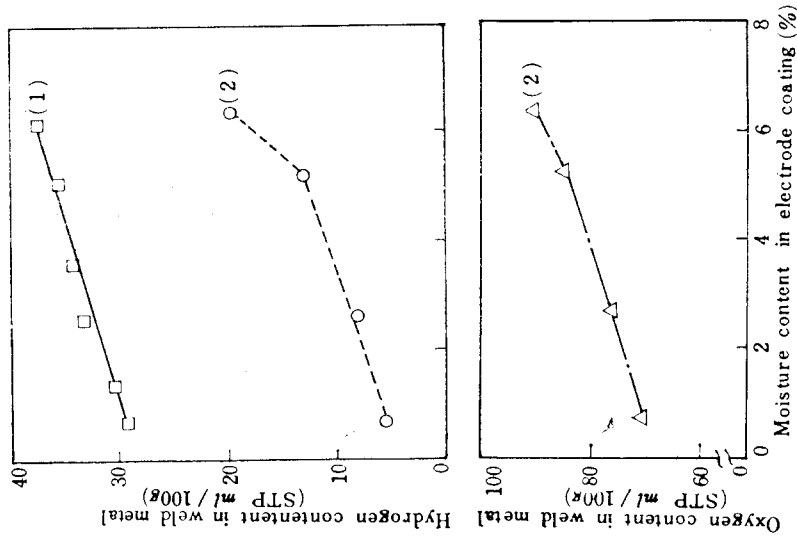


Fig. 6. Relation between moisture content in the electrode coating(AL <KS E 5016>) and gas content in weld metal



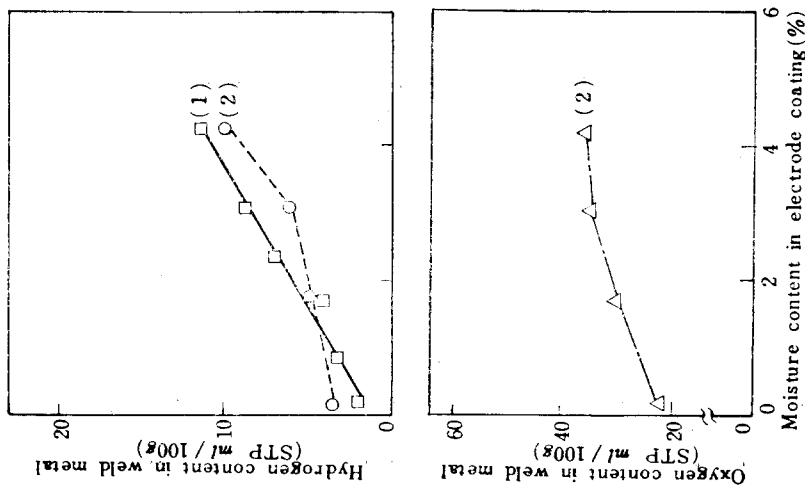
(1) : Glycerin exchange method
(2) : Fusion method

Fig. 9. Relation between moisture content in the electrode coating (BI <KS E 4301>) and gas content in weld metal



(1) : Glycerin exchange method
(2) : Fusion method

Fig. 8. Relation between moisture content in the electrode coating (AI <KS E 4301>) and gas content in weld metal



(1) : Glycerin exchange method
(2) : Fusion method

Fig. 7. Relation between moisture content in the electrode coating (BL <KS E 5016>) and gas content in weld metal

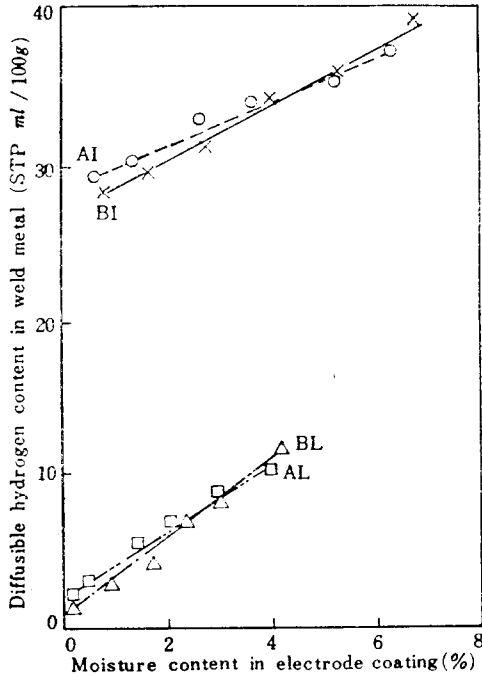


Fig. 10. Relation between moisture content in electrode coating and diffusible hydrogen content in weld metal

것은 피복제 자체의 조성뿐만 아니라 용접봉 제조시 baking 과정에서의 온도의 차이에 따라 피복제 중에 함유되는 결정수의 양이 다르기 때문이라고 생각된다.

한편 일제 용접봉에 대해서 같은 glycerin 치환법에¹⁴⁾ 의해 측정된 확산성 수소량 실험에 대한 보고¹⁵⁾ 결과와 본 실험을 통해 얻은 수치를 비교해 보면 큰 차이가 없음을 알 수 있다. JIS D 4301의 일제 일메나이트계 용접봉을 사용한 경우 건조 상태에 해당하는 수분이 0.5%인 경우 확산성 수소량이 약 25(STP ml/100g)로 되어 있으며, 확산성 수소량의 변화율은 약 1.1(ml/%)로 되어 있었다. 또한 저수소계 용접봉인 JIS D 5016 용접봉의 경우 수분량이 0.1%인 건조 상태의 용접봉을 사용하면 3(STP ml/100g)의 확산성 수소량이 나타나고, 이 때의 변화율은 약 2.5(ml/%)이었다.

이러한 결과로 보아 용접 후 용착 금속 중에 나타나는 결함과 직접적인 관련을 갖는 확산성 수소량의 건조 직후의 값이나, 수분량 증가에 대한 확산성 수소량의 변화율 값의 비교에서, 일메나이트계 및 저수소계 용접봉에 대해서는 일제 용접봉에 비해 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

3.3 피복제 수분량에 따른 용착 금속의 기계적 성질의 변화

피복제 중의 수분량에 따라 수소 가스가 용착 금속

Table 4. Mechanical properties of the weld metal obtained with electrodes of various moisture contents

Moisture content in electrode %		0.2	3.1	4.2
BL	UTS, kg/mm ²	65.3	55.4	53.9
	YS, kg/mm ²	47.8	44.5	42.3
	Elong, %	31.9	26.8	24.3
Moisture content in electrode %		0.1	3.0	4.0
AL	UTS, kg/mm ²	61.0	54.9	53.7
	YS, kg/mm ²	42.8	42.6	41.6
	Elong, %	32.0	28.9	15.4
Moisture content in electrode %		0.8	5.3	6.8
BI	UTS, kg/mm ²	45.5	43.9	42.8
	YS, kg/mm ²	33.4	31.1	28.3
	Elong, %	31.9	27.3	12.7
Moisture content in electrode %		0.7	5.2	6.3
AI	UTS, kg/mm ²	45.1	42.8	42.5
	YS, kg/mm ²	34.9	32.1	32.0
	Elong, %	39.8	35.8	25.2

중에서 기공과 같은 결함을 일으키는 정도가 다르며, 또한 이러한 기공은 용착 금속의 기계적 성질과 많은 관련이 있는 것으로 알려져 왔으나 이에 대한 정량적인 자료는 아직 찾아 볼 수 없다. 이러한 사실에 비추어 용접봉 피복제 중의 수분량이 얼마만큼 기계적 성질에 영향을 미치는가를 본 실험에서 얻어진 자료를 토대로 검토해 보겠다.

Table 4 및 Fig. 11, 12에서 알 수 있는 바와 같이 피복제 중의 수분량이 증가함에 따라, 각 종류 및 maker 별로 정도의 차이는 있으나 인장 강도, 항복 강도, 연신율(percent elongation)은 일반적으로 감소하는 경향을 보이고 있다. 이것은 피복제 중의 수분량 증가에 따라 아아크 분위기 내에 수소, 산소 가스가 증가하고, 이들 가스들이 용착 금속 내에서 미세기공이나 큰 공동 또는 은점을 조성하여, 금속 조직의 불연속성을 가져오기 때문에 필연적이라 하겠다. 이러한 기계적 성질의 저하정도를 살펴보면 인장 강도는 저수소계 용접봉을 사용했을 경우에, 일메나이트계 용접봉을 사용

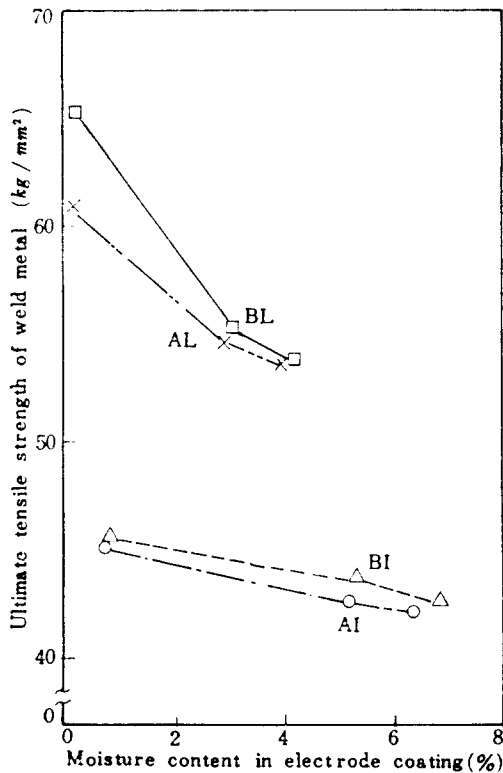


Fig. 11. Relation between moisture content in electrode coating and ultimate tensile strength for the various welding rods

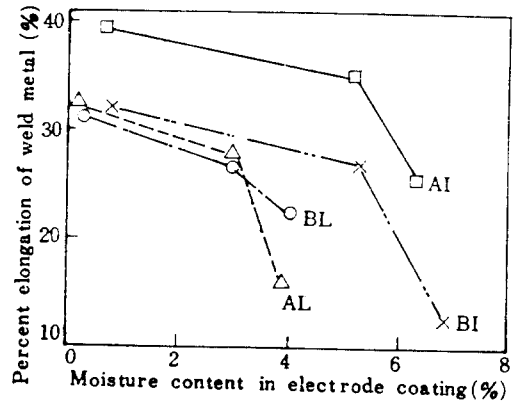
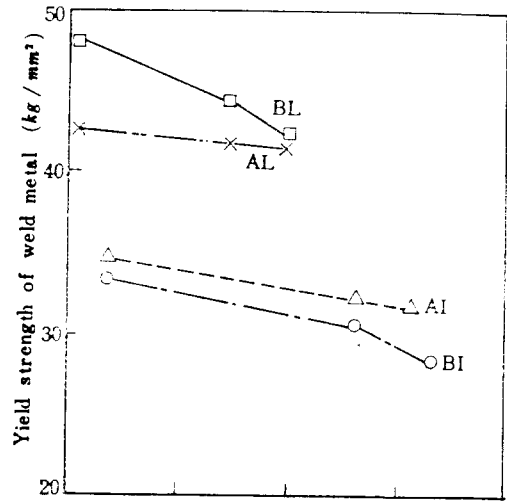


Fig. 12. Relation between moisture content in electrode coating and tensile properties of weld metal for the various welding rods

했을 경우보다 더욱더 민감하게 변하는 것을 알 수 있다. 즉, 저수소계 용접봉을 사용해서 용접한 용착 금속의 경우는 수분량이 0.1~0.2%에서 4.0~4.2%로 증가함에 따라 61.0~65.3kg/mm²에서 53.7~53.9kg/mm²로 급격히 감소하는데 반해, 일메나이트계인 경우는 수분량이 0.7~0.8%에서 6.3~6.8%로 증가함에 따라 45.1~45.5kg/mm²에서 42.5~42.8kg/mm²로 그 변화의 정도가 미약한 것임을 알 수 있다.

4. 결 론

국산 아아크 용접봉 피복제 중의 함수량이 용접성에 미치는 영향을 연구하기 위하여, 일정한 습도 분위기

에서의 흡습 속도를 측정하고, 각기 다른 함수량의 용접봉을 사용해서 얻은 용접 시편으로부터 확산성 및 비확산성 수소량을 조사하였으며, 또한 용착 금속의 기계적 성질의 변화를 조사 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 상대습도가 70%에서 92%로 변화함에 따라 용접봉 피복제 중의 포화 수분량은 1.5~6.6%(일메나이트제), 0.7~4.1%(저수소제)의 범위에 있었고, 포화에 요하는 시간은 33~92hr(일메나이트제), 23~73hr(저수소제)로서 비교적 장시간을 요함을 알 수 있었다.

(2) 용접봉 피복제 중의 수분량 증가에 대한 용착 금속 중의 확산성 수소량의 변화율은 일메나이트제인 경우 1.5~2.1(ml/%) (수분량 0.7~6.8% 범위 이내), 저수소제인 경우 2.2~2.6(ml/%) (수분량 0.1~4.2% 범위 이내)였다.

(3) 용접봉 피복제 중의 수분량 증가에 대한 용착 금속의 인장 강도는 일메나이트제인 경우 45.1~45.5kg/mm²에서 42.5~42.8kg/mm²로 감소하며(수분량 변화는 0.7~0.8%에서 6.3~6.8%로 변화), 저수소제인 경우는 수분량이 0.1~0.2%에서 4.0~4.2%로 증가함에 따라 61.0~65.3kg/mm²에서 53.7~53.9kg/mm²로 감소하였다.

(4) 이런 점으로 보아 상대습도가 낮은 겨울, 봄철에서보다 상대습도가 높은 여름, 가을철에서의 용접봉 관리에는 반드시 건조시켜 사용하는 등 유의해야 하겠다.

참 고 문 헌

1. George E. Linnert, *Welding Metallurgy*, American Welding Society, Vol. 2, (1967), pp.

189~309
 2. Michael Smialowski, : *Hydrogen in Steel*, Pergamon Press, (1962), pp. 91~102, pp. 354~359
 3. 新成夫, 溶接冶金學, 丸善, (1972), pp. 67~69, pp. 76~79
 4. 松田福久: 溶接冶金學, 日刊, (1972), pp. 55~65
 5. 川崎製鐵(株) 溶接研究室, 大氣中 濕度와 溶接金屬中の 擴散性水素量에 關하여, (1974), pp. 6~16
 6. J.F. Lancaster, *The Metallurgy of Welding, Soldering and Brazing*, (1970), pp. 84~88, pp. 190
 7. R.F. Ashton et al, *Welding Journal*, Research Suppl, Vol. 54, No. 3, (1975), 95s~98s
 8. Metals Hand Book, *Welding and Brazing*, ASM, 8th ed., Vol. 6, (1975), pp. 203
 9. N. Morishige et al, *Hydrogen-induced Disbonding of Cladding*, Quarterly Journal of the Japan Welding Society, Vol. 2, No. 1, (1984), pp. 69~74
 10. R. Johnson, *Welding and Inspection: Looking Beyond Codes and Specifications*, *Welding Journal*, Vol. 63, No. 3, (1984), p. 62
 11. 朴鍾殷, 高酸化 티탄系 아아크 熔接棒의 Penetration에 關한 實驗的 研究, 大國造船學會誌, 第7卷, 第1號, (1970), pp. 45~55
 12. ASTM Designation A 233-48 T, A 316-48 T
 13. JIS Z 3113
 14. KS B 0823
 15. 關係春次郎: 溶接棒, 産報, (1960), pp. 295~300

대체구좌 변경안내

1. 우편대체의 송금 일수 단축을 위하여 수불통지 제도를 폐지하고, 납입 통지서를 계좌 가입 우체국으로 직접 발송하는 제도가 마련되었습니다.
2. 이번 제도 마련으로 인하여 납입통지서가 3일 이내로 도착 가능하게 되었습니다.
3. 당 학회 우편대체 계좌 번호도 1983년 12월 1일부로 다음과 같이 변경되었습니다.

변경전 계좌 번호 : 5042080

변경 계좌 번호 : 312256-31-5042080