

|||||||
論 文
|||||||

진공다이캐스트법에 의한 Al 합금과 Fe-17wt%Cr 강 의 구조접합 특성연구

김용현* · 김억수 · 김흥식 · 이광학

A Study on the Characteristics of Cast Bonding Aluminium Alloy and Fe-17wt%Cr Steel with Vacuum Die Casting

Yong-Hyun Kim*, Eok-Soo Kim, Heung-Sik Kim and Kwang-Hak Lee

Abstract

To overcome the undesirable deformation, peeling off and geometrical restrictions which were mainly caused by differences in thermal expansion coefficients during the cladding of aluminum strip and stainless strip, new processing method based on vacuum die casting is designed and implemented in fabricating Fe-17wt%Cr steel (stainless steel). To increase cast-bonding ability, the surface of Fe-17wt%Cr steel is electrochemical etched to have optimum pit size (above 0.2 mm) and pit density (above 30%). The implementation of vacuum die casting by using surface treated stainless steel (Fe-17wt%Cr Steel) produces good trial products having acceptable cast-bonding ability. The enabling conditions for cast-bonding are pouring temperature 690C, filling speed 30 m/sec and casting pressure 800 kg/cm². The microscopic observation of cast-bonded Al/Fe-17wt%Cr steel does not show any evidence of intermetallic compounds. The bonding strength of trial products is 150-400 kg/cm² and this is stronger than conventionally clad metal having 30-70 kg/cm². (Received September 3, 1999)

1. 서 론

1970년대 이후 금속재료 분야에서는 금속특성을 최대한 이용하여 경량화, 강인화, 고기능화에 대한 연구 개발이 활발하게 진행되고 있다. 그 결과, 일본을 비롯한 선진국에서는 자동차 및 수송기계를 중심으로 알루미늄 복합재료의 개발이 가시화되어 피스톤, 콘로드, 실린더 라이너 등 기능부품에 알루미늄 복합재물이 적용되고 있으며, 산업용 및 가전용 복합재료로는 Al/SUS, SUS/Al/SUS, Al/Cu 등의 층상복합재(clad재)가 실용화되고 있는 추세이다[1, 2].

최근 국내에서도 자동차 및 수송기계부품에 대한 복합재료 개발이 완성차업체 및 학계, 연구소등에서 활발한 연구로 이제 막 개발시작품이 나오고 있으나 전기, 전자 및 산업용, 가전기기 등에 이러한 복합재의 개발은 상대적으로 열악하여 선진국과는 큰 기술격차를 보이고 있다. 일본의 경우, 수년 전부터 가전 조리기기를 중심으로 복합재를 개발적용하고 있으며, 최근에는 취

반기용 oven의 제조원가 절감 및 열효율 향상을 위해 유도가열로 oven을 발열하는 이른바 IH(Induction Heating)형 oven 개발로 소비자의 관심을 불러 모으고 있다.

IH형 조리기기는 조리물 전체를 균일하게 가열하기 위해 화기의 불균일을 적게하는 특징을 지니고 있으며, 코일에 고주파 전류를 흘려 자장 변동을 일으키고 oven의 일부에 고전류를 발생시켜 가열하는 방식이다. 따라서, 와전류를 쉽게 일으키는 철 또는 스테인레스강과 같은 자성체 금속과 발생한 열을 전체적으로 균일하게 전파하기 위한 열전도율이 높은 알루미늄 합금의 2중 구조로 되어 있다. 이러한 IH형 조리기기의 일반적인 제조방법은 스테인레스판에 알루미늄판을 가열하면서 압연에 의한 금속간 결합을 시켜 clad재를 형성하여 프레스 성형가공으로 소정의 형태로 가공하는 방법이 있다. 그러나, 이렇게 제조된 clad 복합재의 경우 매우 경한 스테인레스판과 아주 연한 알루미늄판과의 큰 경도차로 성형상의 기술적 문제가 있으며 또한,

울산대학교 재료금속공학부(School of Materials Science and Metallurgical Eng., Univ. of Ulsan)

*영동전문대학 금속과(Dept. of Metallurgical Eng., Yeong Dong College)

표면코팅처리 시 고온가열(350°C이상)로 clad재를 형성하는 두 이종재료의 열팽창율 차이에 의한 변형 문제와 다공성 및 고가 제조설비의 요구로 제조원가 상승 및 열효율이 우수한 두꺼운 조리기기 제조가 불가능한 결점을 지니고 있다. 이러한 IH형 조리기기의 결점을 보완할 수 있는 알루미늄합금과 스테인레스강과의 경쟁력 있는 이종 접합재료의 개발은 제조원가 절감과 열효율성 향상을 위해 필연적이며, 가장 최적의 공법으로 near-net-shape성과 대량생산을 기대할 수 있는 고압주조법이 대두되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 Al/SUS 구조접합재의 시작품 제조를 위해 스테인레스판의 특수표면처리기술 [3-7] 연구와 열유동해석을 통한 진공다이캐스팅법으로 저가 및 고기능의 경쟁력 있는 Al/SUS 구조접합의 기초공정기술을 정립코자 하였다.

2. 실험방법

2.1 구조접합재의 사용합금

본 연구에 사용된 이종재료 Al/SUS는 ADC12(Al-11wt%Si)합금과 SUS430 (Fe-17wt%Cr강)이며, 이들의 화학적 조성을 분석한 결과를(Spark Emission Spectrometer Atom Comp 181) Table 1 및 Table 2에 각각 나타내었다. ADC12합금은 Al-Si 공정합금으로 용점이 낮고 유동성, 주조성 및 기계가공성 등이 우수하여 일반 다이캐스팅주조에 가장 많이 이용되는 합금이며, SUS430은 Fe-Cr 페라이트계 스테인레스강으로 표면에 형성된 Cr₂O₃ 피막으로 인해 우수한 내식성 및 내열성을 갖는 일반구조용 재료로 널리 쓰이고 있으며 특히, Ni의 함유량이 낮아 저가이면서 Ni을 함유한 스테인레스강과 같은 내식성을 갖는 특성이 있다.

2.2 Fe-17wt%Cr강의 표면처리

ADC12합금과 SUS430의 구조접합성 향상을 위해 SUS430 surface roughening 처리를 행하였다. 실험에

Table 1. Chemical composition of ADC12 alloy (wt%)

Material	Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ni	Sn	Al
ADC12	3.06	11.52	0.25	0.76	0.88	0.43	0.33	0.15	Bal.

Table 2. Chemical composition of SUS430 alloy (wt%)

Material	Cr	C	Mn	Si	P	S	Fe
SUS430	17.35	0.05	0.08	0.73	0.001	0.002	Bal.

사용된 SUS430 시편은 삼미종합특수강(주) 제품인 두께 0.7 mm의 Fe-17wt%Cr 페라이트 스테인레스 판재이다.

SUS430의 표면처리는 FeCl₃, NaCl, HCl 및 CuCl₂ 등을 사용하였으며, 이들 시약의 염소이온이 Cr₂O₃ 피막 하지에 있는 소지금속을 국부적으로 부식시키는 특성을 이용하였다[3, 4]. SUS 표면의 공식을 위해 FeCl₃, NaCl, HCl 및 CuCl₂ 등을 증류수에 용해하여 1M 수용액 상태의 전해액을 제조하고 직류 및 교류전원(10~60 Hz)를 이용하여 직류전해에칭, 교류전해에칭 및 직류/교류 중첩에칭 실험을 행하였다. 전해조는 온도조절이 가능하도록 제작하였으며, 흑연전극을 사용하였다. 에칭된 SUS430 시편의 핏트밀도, 깊이, 양상 등은 광학현미경과 주사전자현미경(SEM: JSM-820, JEOL, Japan)을 이용하여 관찰하였다.

2.3 이종재료의 구조접합

본 연구에서는 ADC12/SUS430의 고압주조에 의한 접합으로 IH형 oven을 제조하기 위해 고압주조 설비인 cold chamber형 다이캐스팅 기계(TOSHIBA 800 ton)를 이용하였으며, 주조품 내의 가스에 의한 기공제어를 위해 공공내를 진공제어할 수 있는 진공 시스템을 설계, 적용하였다. 또한, SUS430 insert의 예열 및 금형장착을 위해 특수제작된 진공흡착식 로봇을 이용하여 예열된 insert를 고온자석(AlNiCo)이 내장된 금형내에 장착하였다[8].

한편, ADC12/SUS430 이종재료의 구조접합을 위한 주조조건, 주조방안 및 주조공정을 Table 3과 Fig. 1 및 2에 각각 나타내었으며, 본 연구의 주조방안 설계를 위해서는 호주 CSIRO사에서 개발된 다이캐스팅 전용 DMT-CASTFLOW software를 사용하였다.

Table 3. Vacuum die casting condition for cast-bonding

Casting condition		
Pouring temp. (°C)		700 ± 10
Injection pressure (kg/cm ²)		850 ± 50
Injection speed (m/sec)	1st (Slow speed)	0.28
	2nd (Fast speed)	2.2
Vacuum (mmHg)		0 ~ 60
Insert preheating temp. (°C)		250 ~ 300
Material		ADC12 (Al-11wt%Si)
Machine		TOSHIBA 800 ton (Cold chamber type)

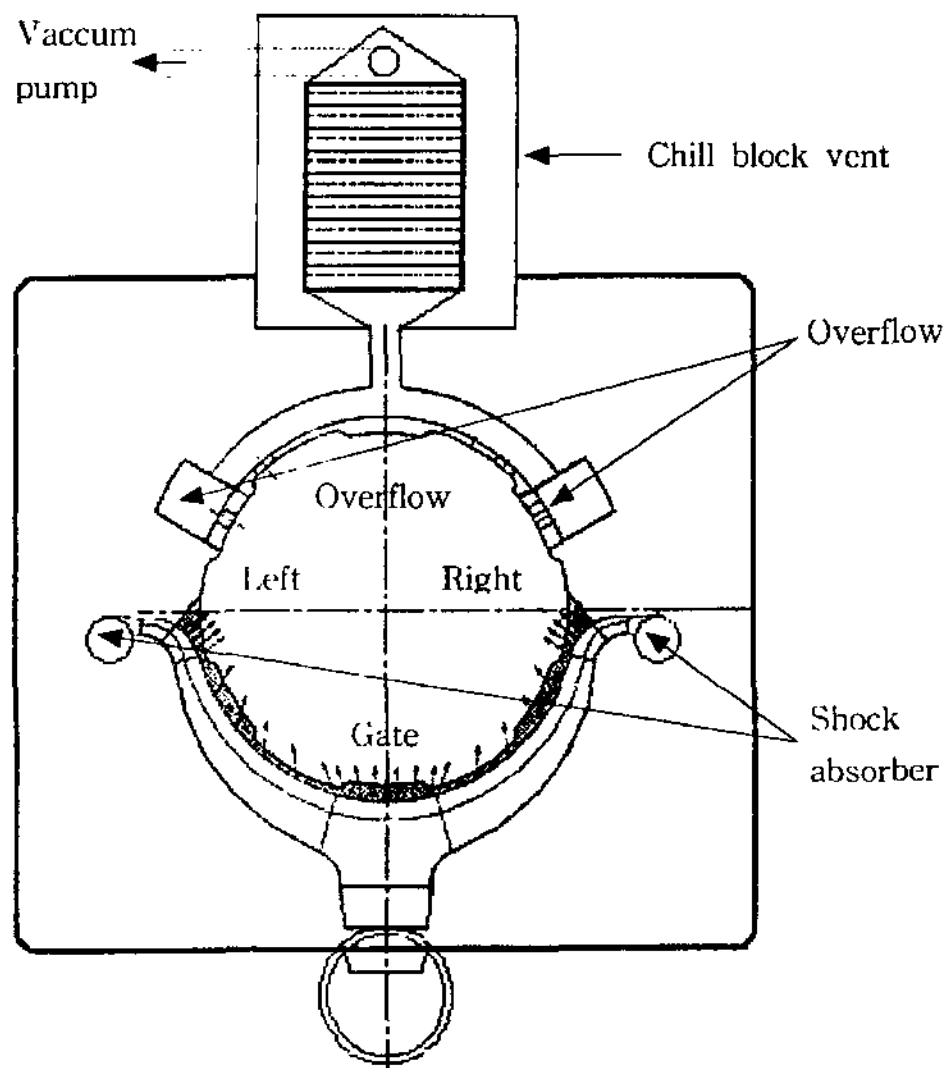


Fig. 1. Schematic diagram of DMT-CASTFLOW casting design for IH OVEN.

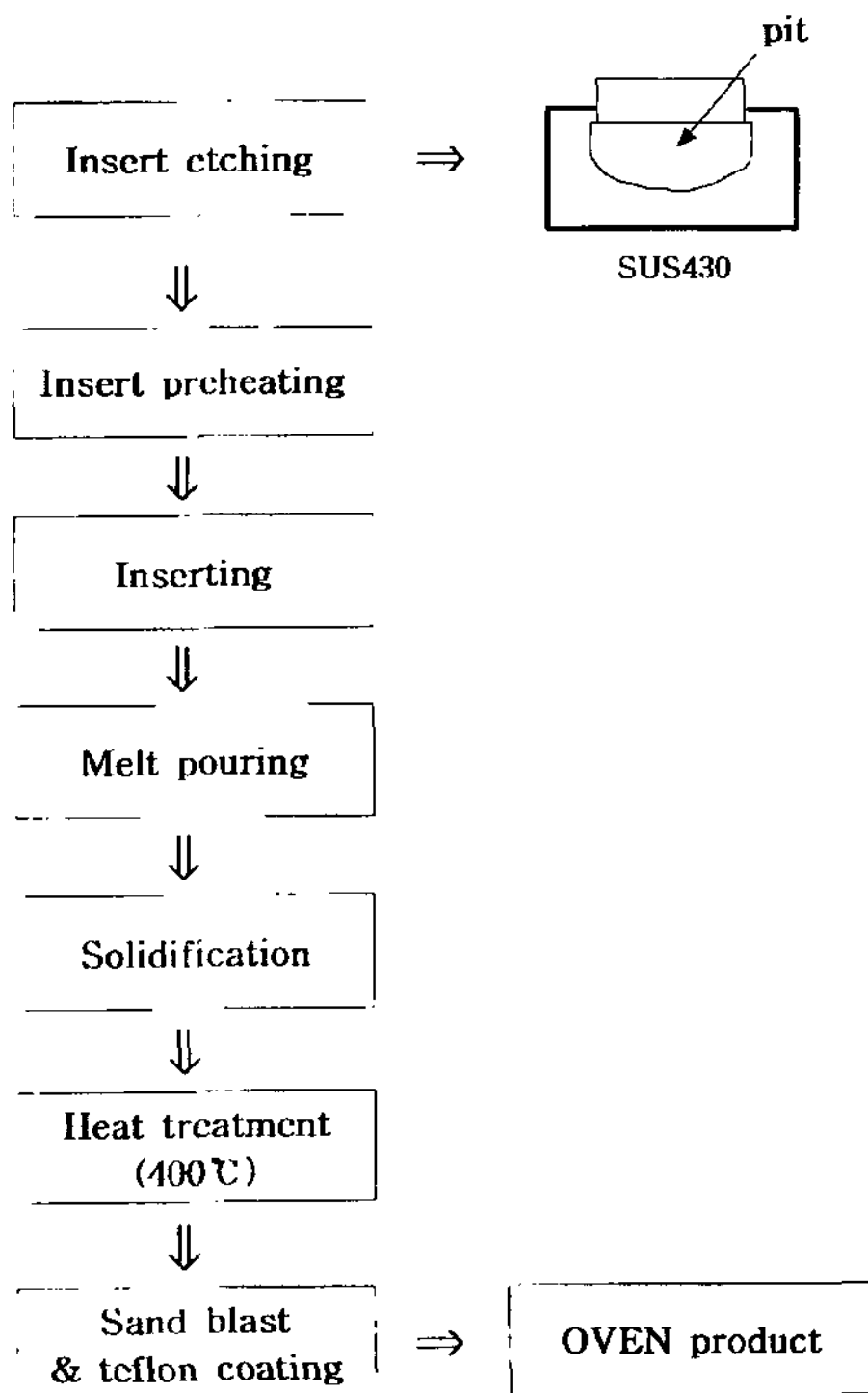


Fig. 2. Process flowchart for manufacturing of IH oven.

2.4 주조접합공정의 3차원적 열유동해석

제조공정상 발생하는 성형 중의 불량과 내부결함을 사전에 예측하기 위해 주조공정의 3차원 열유동해석을

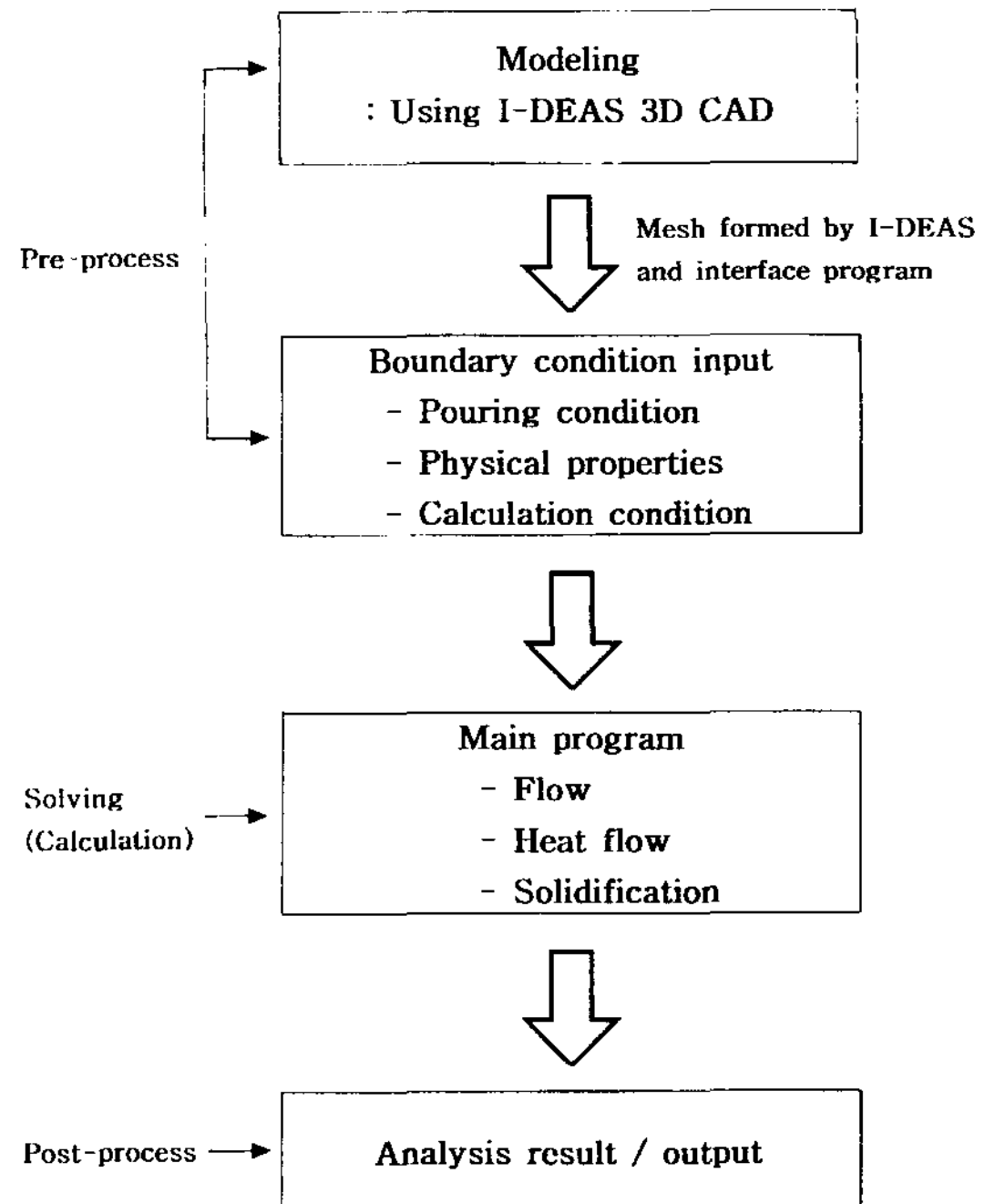


Fig. 3. Analysis flowchart for computer simulation.

행하였다. 3차원 순간 유체흐름을 해석하기 위해 SMAC법과 VOF법의 유동해석법을 이용하였으며, 전도 및 대류 열전달 계산으로 최종 충전부의 응고 양상을 해석하였다. 해석에 사용된 장비(S/W, H/W)는 pre-processor로는 I-DEAS 3차원 CAD, solver는 FLOW-3D(미국 FSI), HSMAC(casting 전용 S/W)을, system(H/W)은 R10000/R4400 Indigo2(SGI사)을 이용하였으며, 해석 flow 및 해석에 사용된 경계조건 및 열물성치는 Fig. 3 및 Table 4에 각각 나타내었다.

2.5 기계적 특성 시험

주조접합된 Al/SUS 시제품(IH oven)의 기계적 특성 평가를 위해 비중, 경도, 기포함유량, 열처리에 따른 blister 발생을 및 표면접합강도등을 시험하였다. 먼저 비중, 경도, 기포 함유량의 측정은 제조된 각 시제품(oven) 10개를 각각 gate, left, right, overflow의 4부위에서 시험편을 채취하였으며, 비중 측정은 Electronic densimeter(SD-120L, Japan)로, 경도 측정(MITUTOYO MVK-H1)은 Hv 하중 100 g, 유지시간 15초로 각 시험편별로 random하게 5point를 측정하였다. 또한, 기포 함유량의 측정은 각 시험편을 유도로에서 용해한 후 Al 5g당 발생하는 가스량을 측정하였다. 열처리에 따

Table 4. Boundary condition and thermal properties

(a) Boundary condition							
Mesh	Injection speed			Injection time			
400,000 ~ 500,000cell	Slow speed : 56 cm/sec Fast speed : 230 cm/sec			1.3 sec 0.137 sec			
(b) Thermal properties.							
	Specific gravity (g/cm ³)	Specific Heat (cal/g.°C)	Thermal Conductivity (cal/cm.sec.°C)	Latent Heat (cal/g)	Liquidus Line Temp. (°C)	Solidus Line Temp. (°C)	Pouring Temp. (°C)
Mold (SKD61)	7.80	0.12	0.102	.	.	.	250
Insert (SUS430)	7.695	0.11	0.058	.	.	.	250 ~ 350
Oven (ADC12)	2.70	0.23	0.23	94	582	574	700

큰 blister 발생율은 열처리형 전기로(HY-P100)에서 각각 조건별 시제품(oven)을 온도변화에 따라 blister(φ5 이상) 발생유무를 육안으로 조사하였으며 Al/SUS 이종재료의 접합강도 시험은 Fig. 4와 같이 ASTM D816-28에 따라 설계, 제작된 접합강도 시험기로 행하였다. 접합강도시험은 주조접합된 Al/SUS 시험편(20×20 mm)을 각각 조건별 5개씩 Al합금 및 SUS430을

거울면 다듬질로 연마하여 상하부 지그에 강력접착제로 접착(분말 에폭시 이용, 180°C에서 5 hr 동안 가교)시키고 cross head speed 1 mm/min로 접합강도를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 Fe-17wt%Cr강의 표면처리 특성

ADC12 및 SUS430의 주조접합성을 향상시키기 위해 SUS430의 표면처리를 에칭용액, 첨가제, 직류 및 중첩전해(직류전해-교류전해)시 교류주파수, 교류전류량, 교류전류밀도 등의 영향을 다양하게 실험한 결과, 전해액으로 1M FeCl₃를 사용할 때 CuCl₂와 HCl을 미량 첨가한 수용액을 전해액으로 사용하고, 수용액 온도 35°C, 전류밀도 80 mA/cm², 150 coul/cm²의 전기량으로 직류 전해한 후, 다시 200 mA/cm², 400 coul/cm²의 전기량으로 60 Hz 중첩전해할 경우가 최적의 전해 조건이었으며 이때 SUS430의 표면에 핏트생성(φ0.3이상)이 용이하고 핏트밀도(50%이상)가 가장 높았으며 또한 내부 깊이와 조도가 우수한 결과를 얻을 수 있었다. Photo 1은 이때의 SUS430의 표면처리 결과를 나타내었다.

3.2 Al/Fe-17wt%Cr강 이종재료의 주조접합 특성

Fig. 5는 Al/SUS 이종재료의 주조접합기구를 나타낸 것이다. 먼저, 준비된 SUS430재료를 전해에칭(직류 및 교류 중첩)하여 최적의 핏트크기 및 핏트밀도를 만들고 프레스 성형된 SUS430 insert를 250~350°C로 예열하여 핏트 주위의 이물질, 습기 등을 제거하고 고온에서 자력을 잃지 않는 특수자석(AlNiCo)을 설계된 금형에 장착하였다. 고속사출 충전 전 접합부의 공기 장

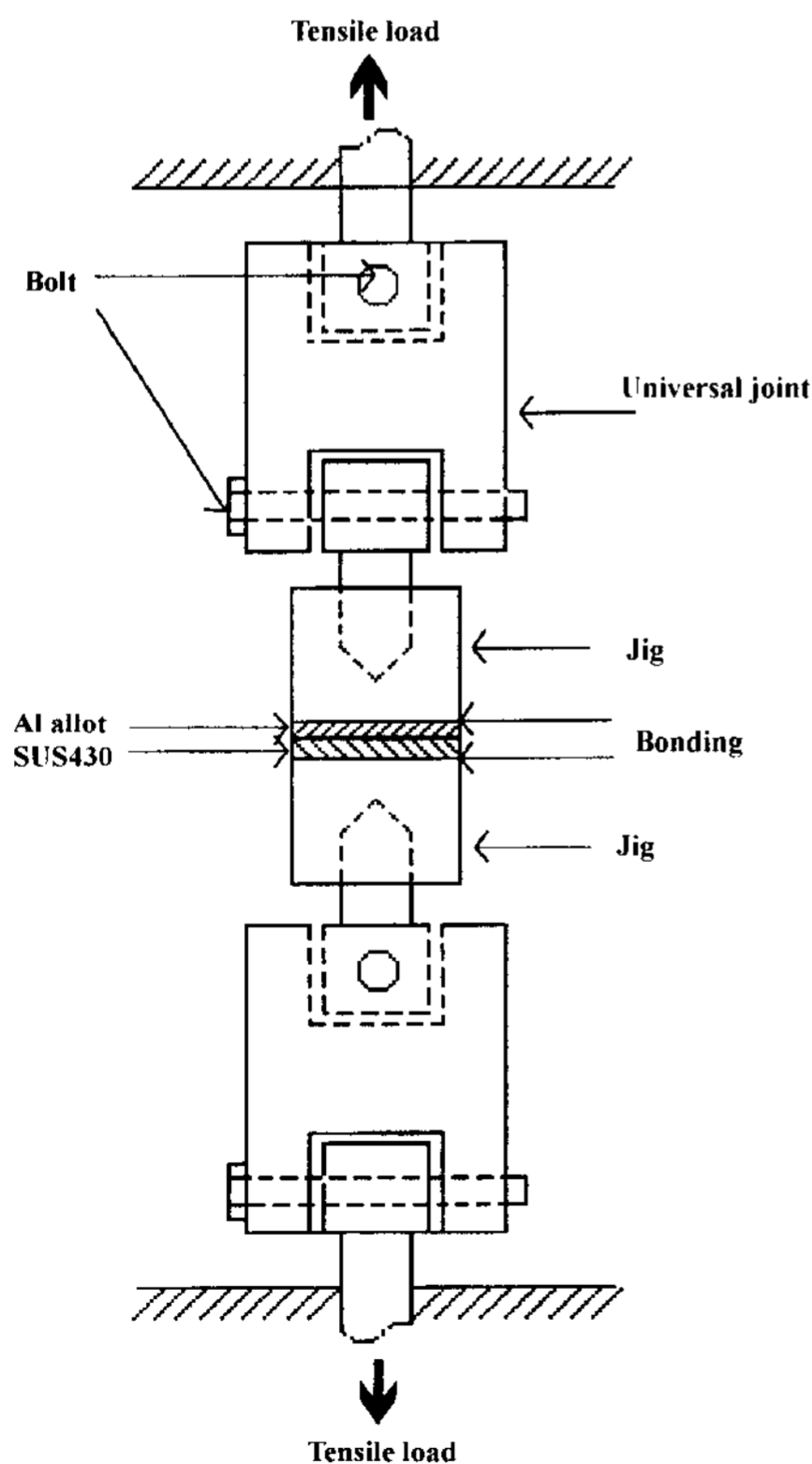


Fig. 4. Equipment of bonding strength test for cast bonded Al/SUS.

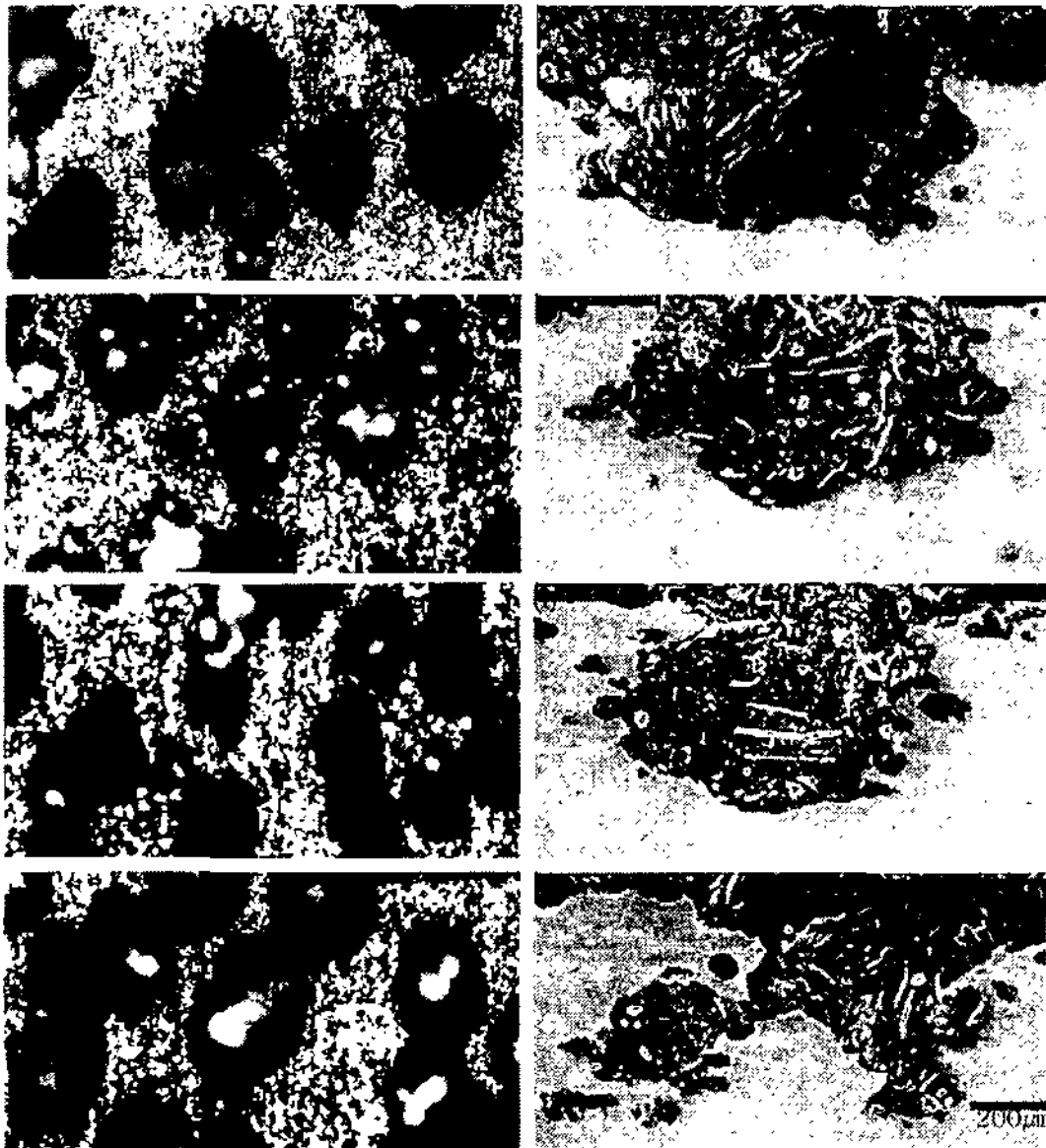


Photo 1. Surface and cross section morphology of pits formed on SUS430 by combined DC and AC etching in 1 M FeCl₃ solution at various current density (400 coulomb/cm², 60 Hz and 308 K). (a), (b) : 100 mA/cm², (c), (d) : 200 mA/cm², (e), (f) : 300 mA/cm², (g), (h) : 400 mA/cm².

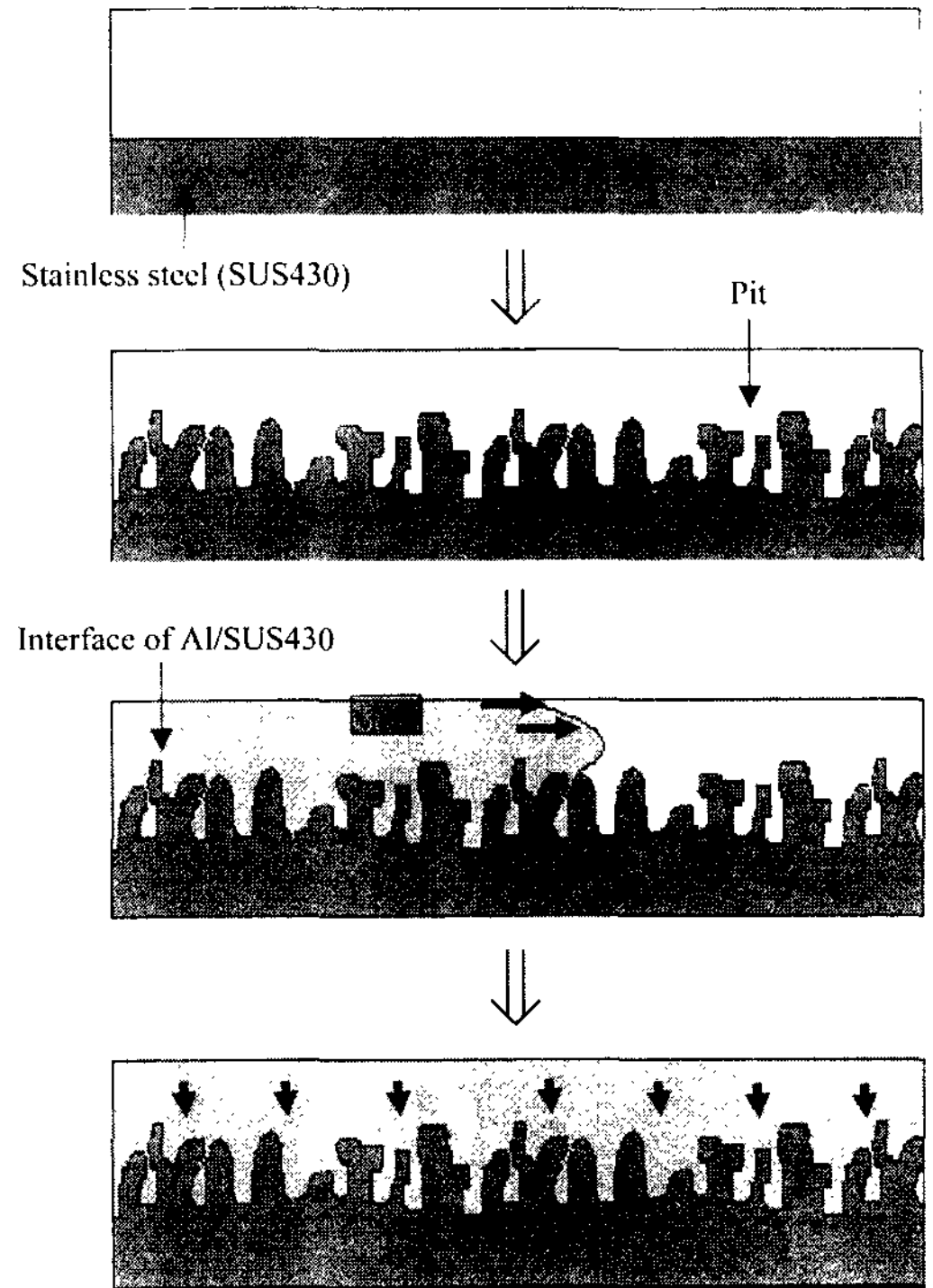
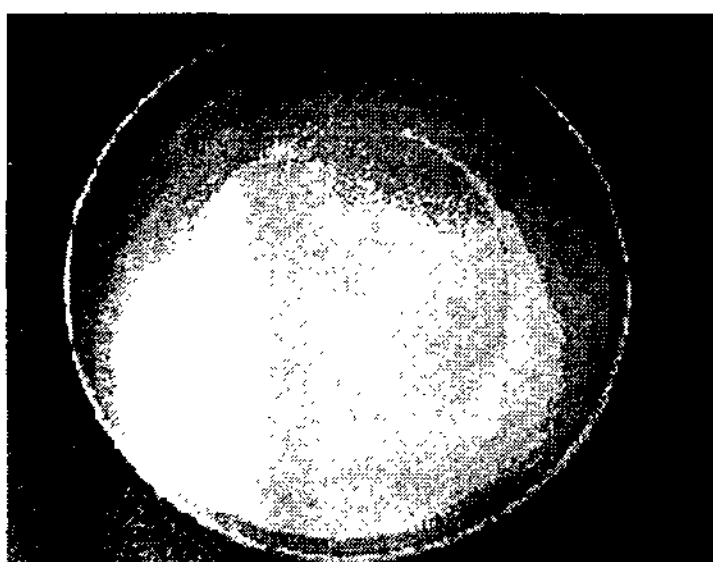


Fig. 5. Cast-bonding mechanism of Al/SUS.

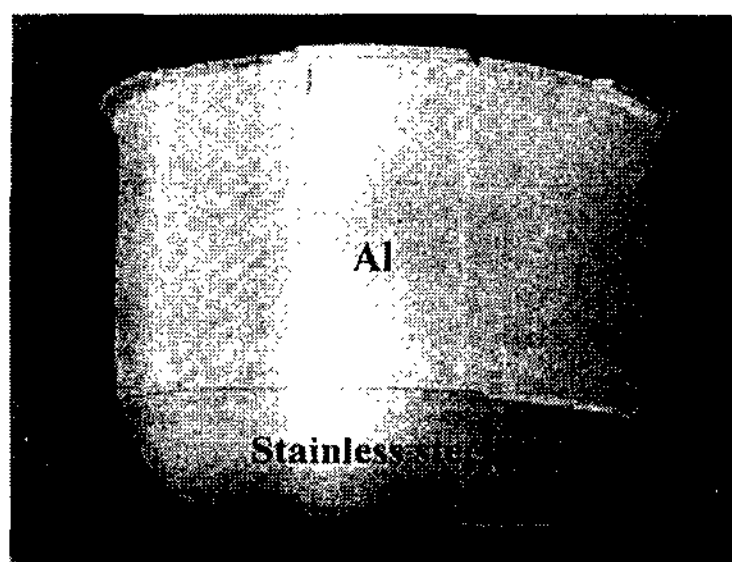
벽제거와 접합부의 박리현상을 제어하기 위해 0.3~0.5 초 전에 공공 내부를 진공감압(60 mm Hg이하)하는 진공다이캐스팅의 메카니즘을 설계, 이용하였다. 이때 접합성 향상을 위해 고속(50 m/s)의 충전속도로 미세한 핏트(약 0.1 mm)까지 충전가능토록 하였으며, 충전완료와 동시에 고압력(700~900 kg/cm²) 작용으로 접합성을 더욱 높일 수 있도록 주조조건을 설정하여 시편을 제조하였다.

Photo 2(a), (b) 및 (c)는 전해에칭된 SUS430 insert

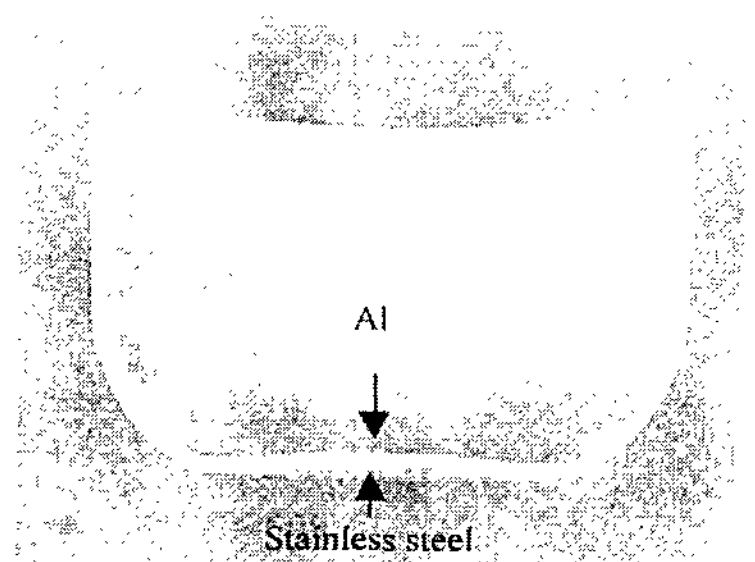
물, 제조된 시제품 및 주조 접합부의 단면을 각각 나타낸 것이다. Photo 2(a)의 SUS430 insert물은 평균 핏트크기가 0.2 mm 이상, 핏트밀도가 30% 이상인 경우에만 양호한 접합성을 기대할 수 있음을 확인하였으며, 그 이하의 경우에는 전혀 접합이 이루어지지 않았거나 부분적으로 박리되는 현상을 관찰할 수 있었다. Insert의 예열온도가 150°C 이하인 경우에는 그다지 효과가 없었으며, 250~350°C의 예열온도에서 양호한 접합성을 나타내었다.



(a) Etched SUS430 insert



(b) Product of IH OVEN



(c) Cross section of IH OVEN

Photo. 2. Insert and product of cast-bonded Al/SUS.

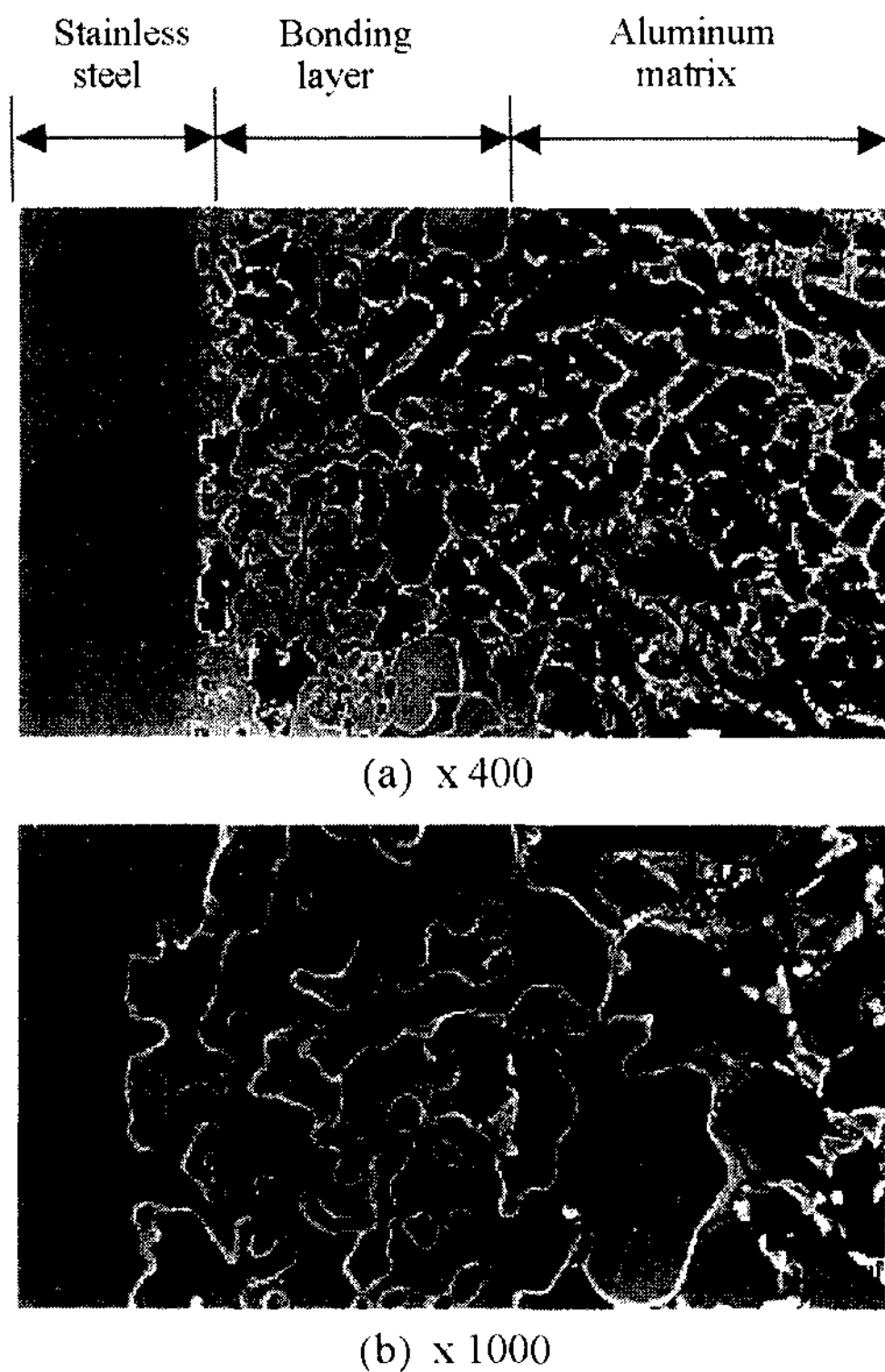


Photo 3. SEM view of Al/SUS bonding interface.

또한 접합성 향상을 위한 충전속도는 최소 30 m/s, 주입 용탕온도는 최소 690°C, 그리고 주조압력은

800 kg/cm² 이상에서 주조 접합성이 양호하였다.

3.3 주조접합면 관찰 및 분석

본 연구에서 시도된 진공다이캐스트법[8]에 의한 Al/SUS 이중 주조접합재의 주조접합면을 SEM으로 관찰하였으며, 그 결과를 Photo 3에 나타내었다. 사진에서 보듯이, Al/SUS 주조접합면은 화학반응에 의한 확산 접합이 아닌 용탕의 고속, 고압에 의한 사출, 가압으로 접합된 물리적인 접합으로 판단되며, 전반적으로 양호한 주조접합층을 관찰할 수 있었고, 주조접합성은 핏크기가 클수록 유리하였다.

한편, 핏크기가 10~20 μm로 매우 미세한 경우 일부 미충진된 부위도 관찰할 수 있었다. 따라서, 주조접합성은 핏크기가 0.2 mm 이상으로 균일하고 핏트밀도가 30% 이상 높을수록 우수하며, 특히 직류전해에 의한 수직형 핏트보다 직류 및 교류를 중첩전해에 의한 터널형의 핏트발생개소가 많을수록 접합성도 매우 우수한 것으로 나타났다. Fig. 6은 접합면의 반응층을 EPMA로 분석한 결과를 나타낸 것으로 Al/SUS 주조접합재의 주요성분인 Al, Si, Fe, Cr 및 Ni에 대한 분석결과 접합계면의 확산반응층은 거의 나타나지 않은 것으로 분석되었다. 이는 진공다이캐스팅의 메카니즘상 순간충진(0.1초 이내) 및 순간적인 접합층의 응고완료로 확산에 필요한 조건이 만족되지 못했기 때문

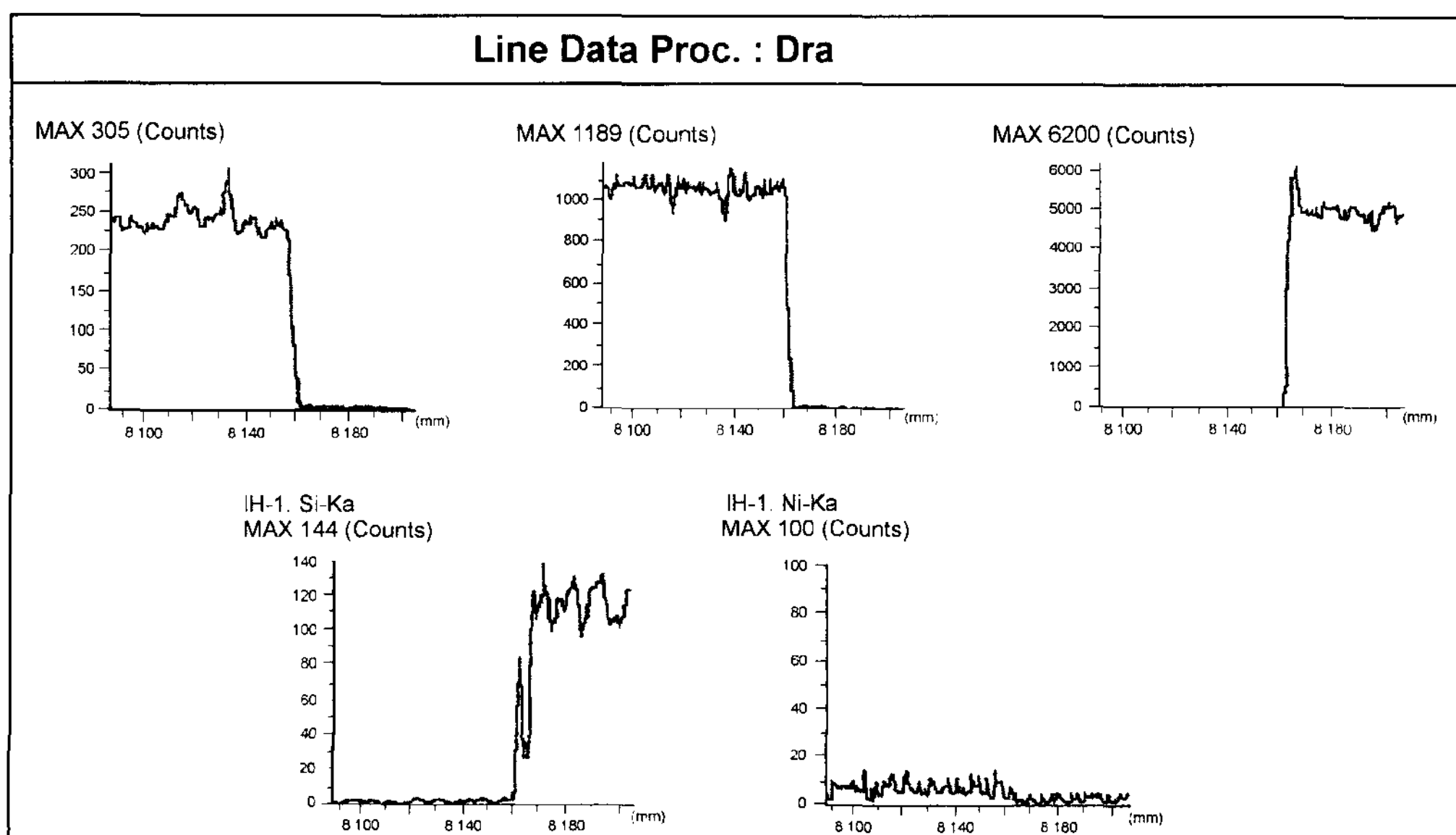


Fig. 6. EPMA analysis of Al/SUS bonding interface.

3.4 이종 주조접합재의 열유동 해석

중력주조 및 다이캐스팅과 같은 주조공정에서 건전한 주조품을 얻기 위해서는 적절한 금형시스템의 설계를 통하여 주조성형 공정중에 수반되는 여러 가지 결함등을 제거해 주어야 한다. 따라서, 본 연구에서도 computer simulation 기법을 응용하여 열유동해석을 통한 결함예측 및 결함제거를 위한 주조조건 설정 등을 시도하였다. Fig. 7은 본 연구에서 제조된 시제품의 3차원적 모델링 형상과 열유동 최종 게이트 방안에 따른 해석결과를 나타낸 것이다.

열유동 해석결과, 20% 충전시 게이트부의 용탕난류와 금형온도 상승에 따른 소착발생을 예견할 수 있었으며, 50% 및 70% 충전의 경우 비교적 SUS430 insert 부위보다는 곡면부로의 Al 용탕흐름이 빠름을 예견할 수 있었다. 그 결과, 최종 충전양상을 볼 수 있는 85% 충전의 경우 진공 vent부의 하단(overflow부)에 최종 미충진부를 확인할 수 있었으며, 그 부위에서 가스 혼입 불량을 예측할 수 있었다.

이와 같이 열유동해석 결과로는 성형중 유입되는 미세, 분산되는 기포의 예측은 하기 어렵지만 난류성흐름이 과다 발생하는 부위와 용탕의 합류지점 및 최종 충전부 등을 예측할 수 있어 주조조건 및 주조방안 설정에 많은 시행착오를 줄일 수 있었다.

3.5 이종 주조접합재의 기계적 특성

본 연구에서 제작된 Al/SUS 주조접합재 시제품의 기계적특성 평가를 위해 비중, 경도, 기포함유량, 열처

Table 5. Mechanical properties of Al/SUS cast-bonded material

	Specific gravity (g/cm ³)	Hardness (Hv)	Gas porosity (H ₂ gas (ppm) /Al 5 g)	Blister defect
A	2.6843	75.8	89.781	○
B	2.6982	79.0	69.213	×
C	2.7013	75.5	68.119	×
D	2.6799	76.4	91.619	○

(A : Gate side, B : Left side, C : Right side, D : Overflow side)

리에 따른 blister 발생을 및 표면접합강도 등을 시험하였으며, 그 결과를 Table 5에 나타내었다.

먼저, 비중 측정결과 열유동해석 결과에서도 예측되었던 게이트부 및 overflow부(최종충진부)에서 다소 미소한 차로 비중값이 낮게 측정되었으며, 이 결과는 시험소재를 유도로에서 용해 후 Al 5 g당 발생하는 수소 가스량을 측정한 결과에서도 동일한 2개소에서 약 20 ppm 이상 많은 양의 가스가 검출된 결과와도 일치하였다. 이는 게이트부의 경우 Al 용탕 충전시 최초 탕흐름의 와류가 형성되는 부위로 가스혼입에 의한 기공 형성이 용이하며, overflow부의 경우도 열유동해석의 결과에서와 같이 용탕의 최종 충전부로서 완전한 공기뽑기의 효과 없이 공기가 공공내에 entrap 되는 현상과 분류 충전된 용탕의 합류부로 작용하여 난류발생이 용이하므로 타 부위에 비해 물성이 다소 떨어지는 것으로 생각된다.

본 실험에서 제조된 시제품은 사용환경이 장시간 열에 노출될 뿐만 아니라 부식환경에 노출되는 관계로

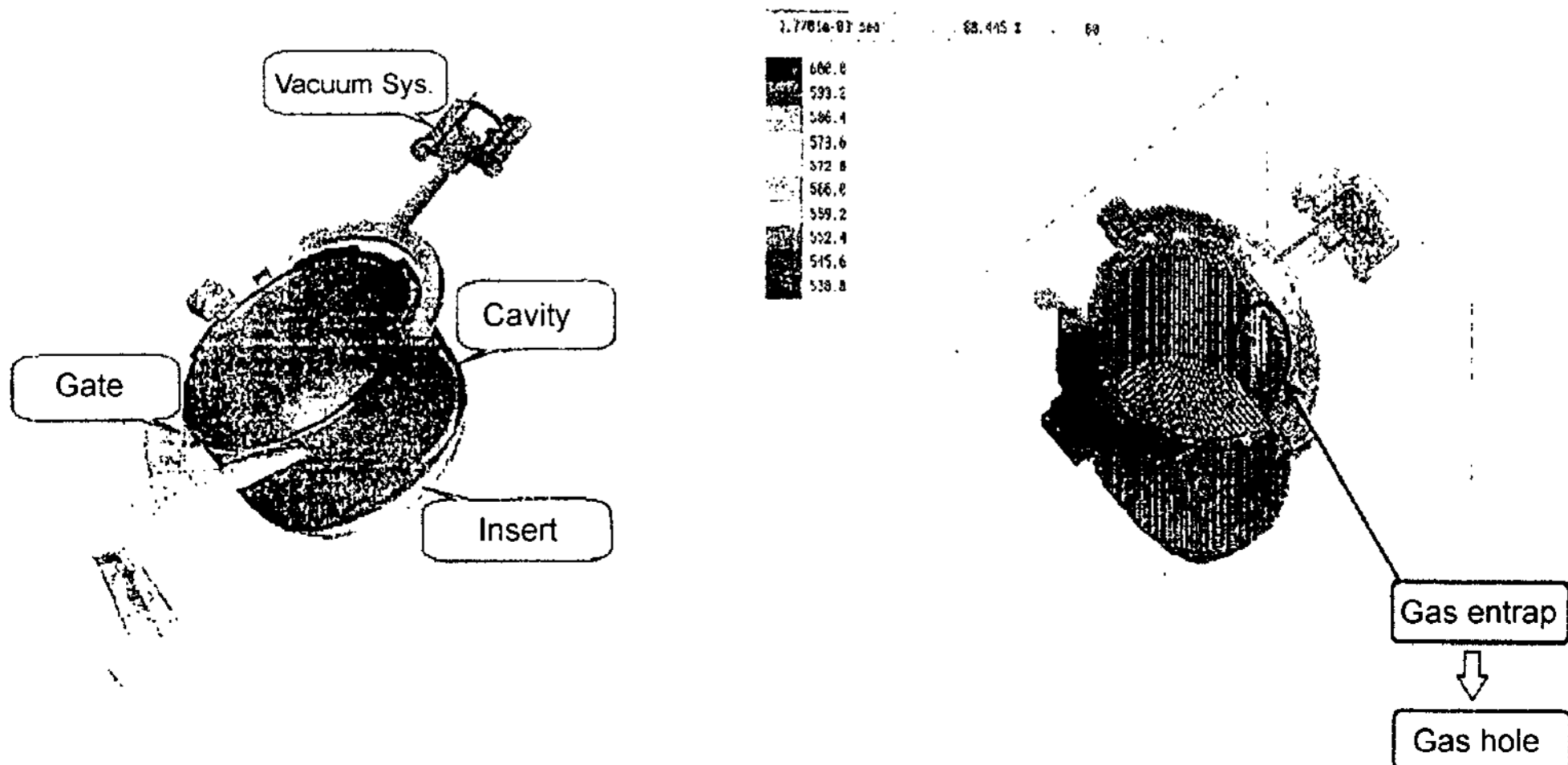


Fig. 7. 3D modeling morphology and analysis result of computer simulation.

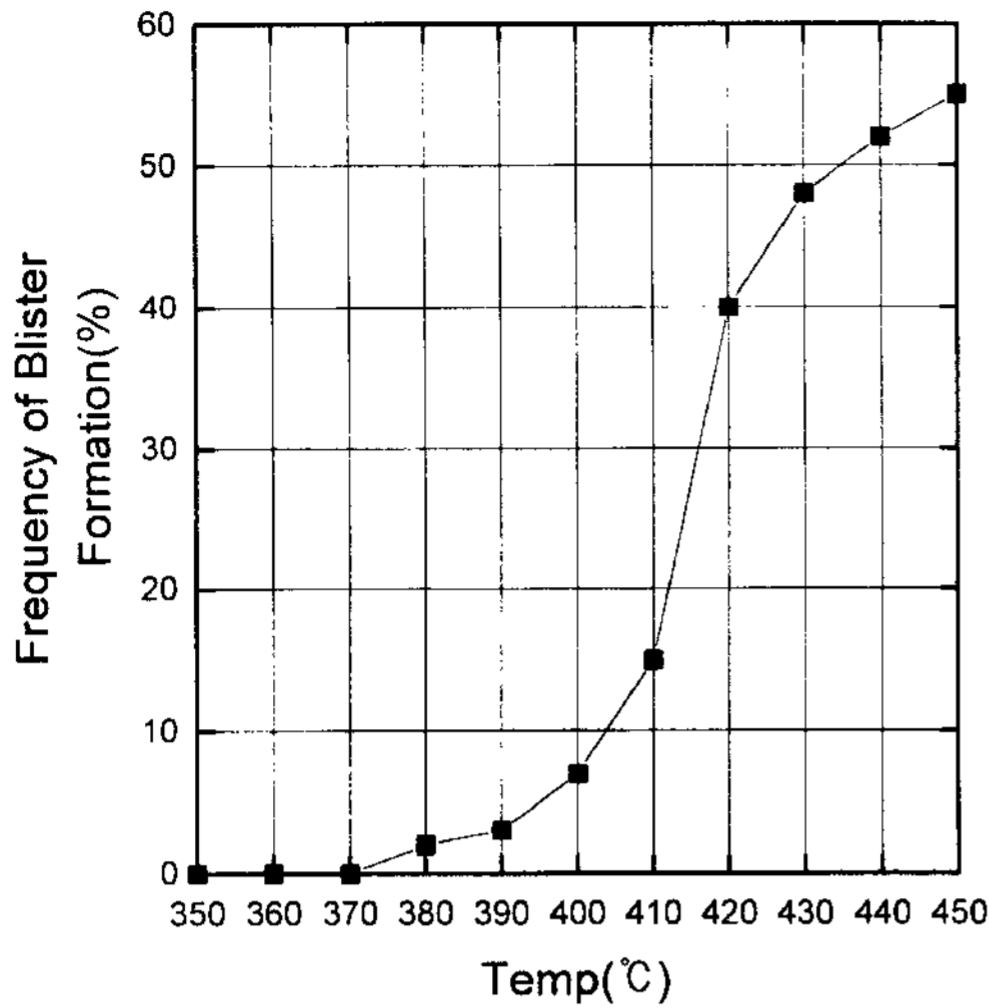


Fig. 8. Result of blister test with various temperatures at 1 hour.

후공정에서 제품표면을 테프론으로 피복한 후 약 350~380°C에서 20분 이상 baking하는 공정을 가지고 있다. 그러나, 일반 다이캐스팅에서는 가스에 의한 주물 내부결함인 기공이나 수축공을 다량 함유하고 있어 이와 같은 baking 처리시 주물 내부결함이 표면으로 팽창하여 표면에 blister 결함을 형성하게 된다. 따라서, 본 실험에서 제조된 시제품을 열처리용 전기로에 넣고 350°C에서 450°C까지 1시간씩 열처리하여 blister 발생율을 조사하였으며 그 결과를 Fig. 8에 나타내었다. blister 측정결과, 발생부위는 게이트부가 약 20%, 최종 충전부가 약 80%로 나타났으며, blister 발생율은 410°C를 기점으로 그 이상의 온도에서 급격히 증가하는 양상을 보였다. 또한, Al/SUS 이종 주조접합재의 물성을 결정짓는 가장 중요한 접합강도를 기존에 일반적으로 사용되던 Al/SUS 재와 동일시편으로 채취하여 시험하였으며 그 결과를 Fig. 9에 나타내었다.

기존 clad 재의 경우, oven의 요구 접합강도인 25 kg/cm²[8]를 만족하는 30~70 kg/cm²의 접합강도를 보였으며, 본 연구에서 제작된 주조접합재의 접합강도는 150~400 kg/cm²으로 clad재에 비해 더욱 우수한 접합강도를 보였다. 또한, 핏트밀도에 따른 주조접합재의 접합강도 실험결과 핏트밀도가 30% 일 때 150~220 kg/cm², 50%의 경우 260~320 kg/cm², 70%일 경우 280~400 kg/cm²로 핏트밀도가 증가함에 따라 접합강도가 향상됨을 알 수 있었다. 또 핏트밀도는 최소 30% 이상일 경우 주조접합이 양호하였으며, 50% 이상의 경

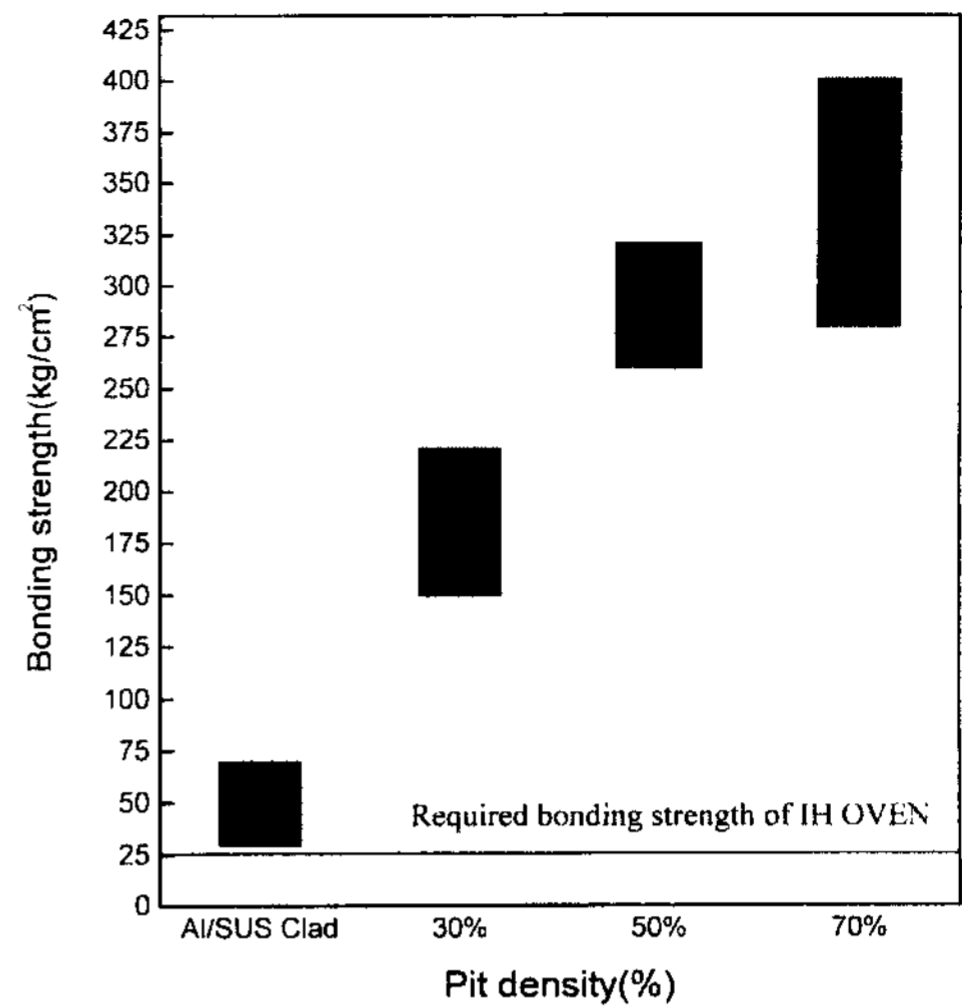


Fig. 9. Bonding strength of Al/SUS cast-bonded materials.

우 매우 양호한 접합성과 안정적인 접합강도를 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

따라서, 본 연구에서 제조된 Al/SUS 주조접합재는 IH oven 제조에는 충분한 물성을 만족하였으며, 관련 산업분야의 기능성 이종재료의 응용 연구개발을 위해서 보다 다양한 재질과 열처리기술 등에 대한 연구개발이 지속적으로 선행되어야 할 것으로 생각된다.

4. 결 론

Fe-17wt%Cr강(SUS 430)의 표면처리 특성과 진공다이캐스팅법에 의해 제조된 ADC12(Al-11wt% Si)합금기지-SUS430 이종 주조접합재의 특성을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) Al/SUS의 접합강도 향상을 위한 SUS430의 표면처리 조건은 직류전해한 후 다시 교류전해로 수용액온도 35°C, 전류밀도 200 mA/cm², 400 coulomb/cm² 전기량 및 60 Hz의 교류주파수로 중첩전해할 경우가 핏트크기 ϕ 0.3이상 핏트밀도 50%이상으로 최적의 전해조건을 나타내었다.

2) 상기 1)의 표면처리 결과로 얻어진 SUS430강을 이용하여 Al/SUS 이종 주조접합재를 제조한 결과, 주조접합이 가능한 조건은 핏트크기 0.2 mm 이상, 핏트밀도 30% 이상, insert 예열온도 250~350°C, 충전속도 30 m/s 이상, 용탕온도 690°C, 그리고 주조압력은 800 kg/cm² 이상에서 비교적 양호한 주조접합성을 기

대할 수 있었다.

3) Al/SUS 이종 주조접합재의 3차원적 열유동해석 결과, 게이트부에서 용탕난류 발생 및 금형온도 상승으로 소착발생이 예견되었고, 진공 vent 하단부가 최종 충전부가 됨으로 인해 가스 entrap 현상을 예측할 수 있었으며 이는 시험편의 blister 분석결과와도 일치하였다.

4) Al/SUS 이종 주조접합재의 접합면 관찰결과, 금속간 화합물의 생성은 확인할 수 없었지만, 접합강도 시험결과 기존 clad재의 30~70 kg/cm²에 비해 핏트밀도의 증가에 따라 150~400 kg/cm²로 크게 향상된 우수한 접합강도를 나타냄을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] N. Hiramatsu, Y. Uematsu, T. Tanaka and M. Kinugasa : Materials Science and Engineering, (1989) A120, 319.
- [2] F. B. Pickening : The metallurgical evolution of stainless steels, 442.
- [3] A. John. Sedriks : Corrosion of Stainless steels, 63.
- [4] Metals Handbook. Vol. 13, 547.
- [5] C. L. Briant : Met. Trans., 1980, 11(A), 1564.
- [6] R. F. Heheman : Met. Trans., 1985, 16(A), 1909.
- [7] M. C. reboul et al. : Corrosion, 1984, 40(7), 366.
- [8] Eok Soo Kim et al. : The manufacturing method for dissimilar composite metal by using High Pressure Casting. 17 th. Aug.(1996) : Patent No. 0215504