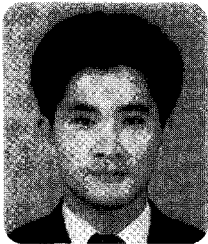




# 수직 다관절 로봇(완)



임생기  
고등기술연구원 책임연구원

이 글은 「'97직무발명경진대회」에서 은상을 수상한 내용으로, 그 전문을 게재한다.  
<편집자 주>

유 특허를 중점적으로 분석하였다. 분석결과 1500건의 특허명세서를 입수하였으며, 이중 272건의 특허에 대하여 특허 요지리스트를 작성하였다.

## (2) 국내외 특허출원, 등록현황(권리화 진척도)

'93년 선체 용접로봇 시스템에 대한 연구과제가 수행된 이래 '96년까지, 임생기 책임연구원의 책임아래 현재까지 35건의 특허/실용신안 출원이 있었다. 특히, Off-line Program 구성방법 및 로봇과 작업 대상물 위치 고정장치, 용접로봇의 캘리브레이션 방법 및 그 장치 등과 같은 현장 적용과정에서 발생하는 문제점을 해소하는 다수의 중요특허가 포함되어 있다. 분야별로는 콘트롤러 분야에서 캘리브레이션 관련 4건, 로봇 기구부 21건, 용접기술 5건, 및 기타 5건으로 이루어져 있다.

상기 산업재산권 중에 실용신안등록출원 제93-29852호(용접로봇의 용접토치 공정 어댑터)는 실용신안등록 제97456호로 등록받았으며, 특허출원 제93-29983호(수직다관절 로봇)는 '97. 1. 8 일자로 공고결정되었다.

또한, 국내 특허출원 제93-29982호(수직다관절 로봇의 아암부 구조)와 특허출원 제93-29983호를 기초로 선체 용접로봇에 핵심기술을 보유하

## 2 권리화 과정

### (1) Patent Map 작성과 문제특허 도출

선체 용접로봇 시스템 개발 초기인 '93년 3월부터 94년 1월까지에 걸쳐, 선체 용접로봇 개발에 따른 주요 동향을 파악하고, 선행특허 분석을 통한 독자기술을 개발하고, 특허분쟁 예방과 회피기술을 개발하고, 공백기술에 대한 특허권을 확보하는 것을 목적으로 선체 용접로봇에 대한 특허분석이 이루어졌다.

특허분석 대상은 일본의 Fanuc, Kobe Steel, Matsushita 전기, Hitachi 조선, 오스트리아 IGM, Cross 등 6개의 Target Company의 보



고 있는 일본과, 한국에 이어 제3의 조선 수주국으로 부상하고 있는 중국에 각각 해외 출원하였으며 현재 심사중이다.

**(3) 문제특허에 대한 회피 설계와 대응 특허출원**

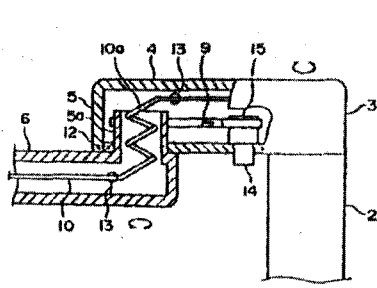
선체용접로봇에 특허분석 결과 선체의 Slot Hole부를

용접하는 기술은 일본의 히타치사의 HIROBO 이외에는 전무한 상태이었고, HIROBO에 대해서는 하기 “(3)기술성” 편의 “가. 독창성” 부분에서 기재된 바와 같이, HIROBO는 비접촉식 센서를 이용하는데 반해 본 개발에서는 Cost 및 현장 환경을 고려해 특별한 센서를 이용하지 않고 로봇 운반장치의 구조물을 이용하여 로봇과 작업대상물의 위치를 항상 일정하게 유지하도록 하였으며 캘리브레이션 방법도 현재 외국에서 상품화 된 고가(5천만원~2.5억원)의 측정장치를 사용하지 않고 고서도 간단한 지그만으로 해결할 수 있는 기술을 개발하였다. 다만, 일부 산업용 로봇 중에 당 연구원의 선체용접 로봇과 문제가 되는 특허에 대해서는 회피설계로 종래의 기술을 개량하고 대응 특허출원을 하였다.

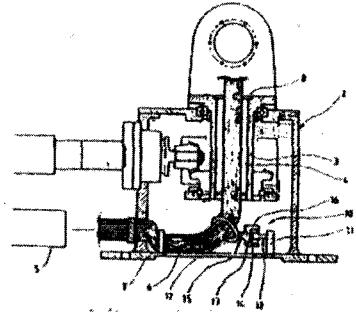
다음은 그 예이다.

**가) 일본국 실개소63-169290호의 회피설계**

실개소63-169290은 산업용 로봇에 있어서, 케이블을 복수의 로봇이암 및 관절부내에 수납하고, 관절부내에 위치한 케이블 부분을 코일 형태(10a)로 함과 동시에 코일 지지용 고리(13)를



〈昭63-169290〉

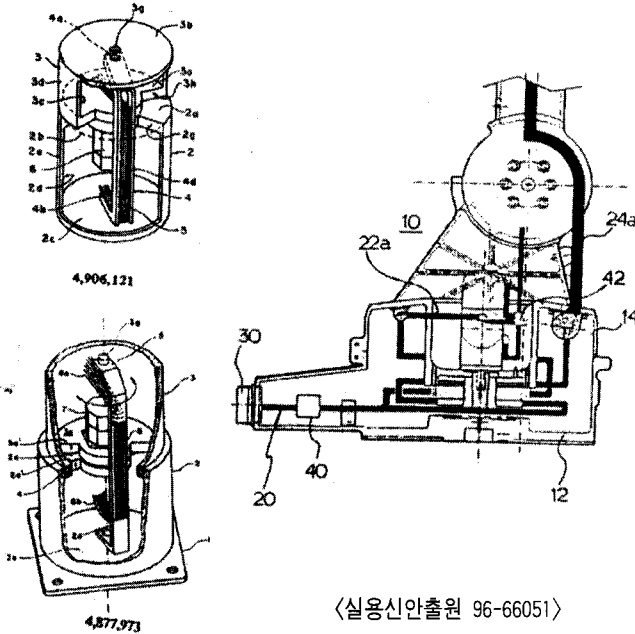


〈실용신안출원 93-20975〉

구비함을 특징으로 하는 산업용 로봇이었다. 하지만 상기 일본 실용신안은, 케이블의 곡률 반경이 훨씬 크고 기구부 내에서 회전이 가능해야 하는 본 제품과 같은 6축다관절 로봇에서는 적용하기 곤란하여 임생기 책임연구원은 Link Ball(12)과 케이블 어댑터(15)를 채택하여 기구부 내부에서 회전을 용이하게 함과 동시에 케이블의 마모를 방지하도록 하는 산업용 로봇의 케이블 처리구조를 실용신안 제93-20975호로 출원하였다.

**나) 미합중국 특허 제4,906,121호 및 제4,877,973호의 회피설계**

미합중국 특허 제4,906,121호 및 제4,877,973호는 케이블의 굽힘을 방지하기 위하여 각각 C-형의 케이블 가이드(도면부호 각각 4 및 5)를 구비함을 특징으로 하는 산업용 로봇의 케이블 안내 장치이나, 이 장치는 케이블이 한 묶음으로 묶여 있기 때문에 로봇의 회전동작시 케이블의 단선 및 마찰에 의한 케이블 손상과 케이블의 꼬임의 문제점이 있는 바, 임생기 책임연구원의 하부측의 1축 및 2축 케이블(22a)과 상부측의 3~6축 케이블(24a)로 둘로 나누어 복선으로 결선하여 내장형



다관절 로봇의 동작중에 발생하는 케이블 꼬임과 마찰을 방지하는 실용신안 제96-66051호를 출원하였다.

#### (4) 사내 직무발명 보상규정상 등급 및 보상 금액

특허출원의 경우 사내 직무발명 보상 기준에 의거 A등급 8건, B등급 10건, C등급 17건으로 B등급 이상의 상위등급이 전체 51%로 평가되었다. 보상기준은 A등급 10만원, B등급 8만원, C등급 5만원으로 지금까지 총 245만원이 사내직무발명 보상금으로 지급되어 사내 우수직무발명으로 평가되었다. 또한 그 동안 특허출원과 관련하여 특별팀상(97년 1월, 부상 10만원)을 수상하였다. 또한, 해외출원에 대한 보상금으로 10만원이 지

급되었다.

### 3 기술성

#### (1) 독창성

조선 현장에서 선체 용접 작업에 로봇을 사용하기 위해서는 다음과 같은 조선 산업의 특수성을 고려하여 개발되어야 하는데, 참고로 이번 선체용접 로봇을 자체 개발하면서 독자적인 아이디어로서 반영한 상세한 사항들은 앞서 언급한 국내 산업재산권 출원현황 중 출원번호 93-21214, 93-20975, 93-29852, 94-25213, 94-25213, 94-40622, 94-40611, 95-10705, 96-27731, 96-31766, 96-37886,

96-78543, 96-78543, 96-66052, 96-78543, 96-66051, 96-78542, 96-2632 내용과 같다.

1) 작업대상물의 크기(20M×20M×10M) 및 중량(200톤) 때문에 작업대상물은 고정된 상태에서 로봇이 이동하여 용접 작업을 수행(일반 산업 현장에서 로봇을 사용하는 방식과 반대 개념)해야 하며, 특히 Slot Hole부 용접 작업은 협소공간내에서 이루어지기 때문에 이를 고려하여 로봇 및 운반장치를 개발해야 함.

2) 현재 VLCC기준 1척의 배를 건조하는데 필요한 블록 개수는 약 220개가 소요되고 블록당 Slot Hole 부위의 작업 구역은 약 200개소가 존재하며, 유사 형상 및 크기를 가진 Slot Hole부의 용접 작업이 반복적으로 수행되므로 생산성을 향상시키기 위해서는 반드시 오프라인 프로그램



방식으로 로봇을 운영할 수 있어야 함.

3) 실제 작업대상물은 도면 혹은 CAD Data 와 제관 오차로 인해 차이가 발생하며 용접 열변형 때문에 이를 극복하기 위해서는 효과적인 용접선 추적기술 개발이 필요함.

4) 오프라인 프로그램 방식으로 로봇을 운영하기 위해서는 반드시 로봇과 작업대상물과의 관계를 정의할 수 있는 장치가 필요하며, 컴퓨터상의 모델링 환경과 실제 작업 환경과는 차이가 발생하므로 이를 보상할 수 있는 캘리브레이션기술 등이 개발되어야 함.

4) 항에 기술한 로봇과 작업대상물의 위치 관계를 알아내는데 있어서 "HIROBO"의 경우 X, Y 방향으로 6개의 비접촉식 센서를 이용하는데 반해 본 개발에서는 Cost 및 현장 환경을 고려해 특별한 센서를 이용하지 않고 로봇운반장치의 구조물을 이용하여(작업자는 단순히 X, Y축 방향에 설

치된 3개의 지점을 작업대상물에 접촉) 로봇과 작업대상물의 위치를 항상 일정하게 유지하도록 하였으며 캘리브레이션 방법도 현재 외국에서 상품화 된 고가(5천만원~2.5억원)의 측정장치를 사용하지 않고서도 간단한 지그만으로 해결할 수 있는 기술을 개발하였다.

당 연구원의 선체용접용 로봇은 HIROBO와 비교하면 다음과 같은 장단점을 가진다[표 1 참조].

(2) 독점력

선체용접로봇에 대한 철저한 특허분석으로 문제특허를 조기에 도출하여 회피설계하였고, 독창적인 기술에 대해서는 기본특허로 출원하였으며, 공백기술과 개량기술에 대해서는 특허망 형성을 목적으로 다수 출원하였다. 이와 같은 철저한 특허분석과 그에 상응하는 특허출원으로 당 연구원

[표 1] 당연구원 로봇과 히타치의 HIROBO의 비교

구분	당 연구원 로봇	HIROBO
장 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 로봇 제어축이 6축으로서 작업 유연성이 높고 동작범위가 큼</li> <li>• 용접기능 추가가 용이</li> <li>• Program Input 시간 단축(30분/블록)</li> <li>• 가격 저렴(0.8억/대)</li> <li>• 용접선 추적성능 우수(수평:15도, 수직:10도)</li> <li>• 로봇 정밀도 우수(+/-0.1mm)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이동횟수小</li> <li>• 자동 Setting 기능 (자동주행장치 이용)</li> </ul>
단 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이동횟수 多</li> <li>• 수작업 Setting</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 로봇 제어축이 5축으로서 작업 유연성이 낮고 동작범위가 큼.</li> <li>• 용접기능 추가 곤란</li> <li>• Program Input 시간 김(3시간/블록)</li> <li>• 가격 높음(1.8억/대)</li> <li>• 용접선 추적성능(수평:10도, 수직:0도)</li> <li>• 로봇 정밀도(+/-0.2mm)</li> </ul>



이 개발한 선체용접로봇은 상기의 기술 독창성에 따른 기술의 우수성뿐만 아니라 그 독점적인 권리 면에서도 타의 추종을 불허한다.

참고로 국내에서는 최초로 선체용접로봇을 자체 개발하였기 때문에 국내에서는 독점 가능하다고 판단되며, 해외의 경우 일본의 "HIROBO" 시스템과 비교하였을 때 가격, 성능 측면에서 충분히 경쟁력이 있다고 판단된다. 그 이유로는 선체용접로봇 시스템에서 가장 중요한 인자중의 하나로는 로봇 시스템의 운영 효율과 직접적으로 관련 있는 오프라인 프로그램 개발에 있는데, "HIROBO"의 경우 로봇 자체는 히다치 조선에서 개발하였으나 오프라인 프로그램(ROBIN)은 덴마크의 오펜세 조선소에서 개발한 관계로 현재 S/W상에 등록된 형상의 작업 대상물과 다를 경우 작업이 곤란하며, S/W를 수정 보완하는 과정도 어렵다고 판단된다. 이에 반해 당 연구원에서 개발한 로봇 시스템은 로봇은 물론 오프라인 프로그램까지 자체 개발하였으므로 주변의 상황 변화에 따른 S/W 보완 작업이 신속히 이루어질 수 있으며, 가격 또한 "ROBIN" 판매금액(3.5억원) 대비 신축성 있게 운영할 수 있기 때문이다.

**(3) 지속력(수명, 라이프사이클)**

로봇 자체의 수명은 정상적으로 로봇을 사용했을 경우 10년 정도 예상되며, 그 라이프 사이클은 기본적인 내구재로서 길 것으로 예상되나 세계적으로 지금 막 개발되는 현 단계로서는 예상하기 어렵다.

**(4) 첨단 분야**

현재 전세계적으로 조선 현장에서 Slot Hole부

용접 작업장에 로봇을 개발하여 사용하고 있는 경우는 일본의 "HIROBO"와 이번에 당 연구원에서 자체 개발한 로봇이 유일할 만큼 첨단분야에 속한다. 물론, 세계 여러 업체(FUNUC, ABB, KAWASAKI, YAKAWA, IGM 등)에서 산업용 로봇을 개발하여 생산하고 있으나 Slot Hole부 용접 작업에 이러한 로봇들을 사용하기 위해서는 여러 가지 제약 조건과 해결해야 할 기술들이 많이 있다.

예를들면, Slot Hole부의 용접 작업이 협소 공간에서 이루어지기 때문에 로봇 개발시 형상, 크기 및 중량에 제약을 받게되며, Slot Hole부의 용접 작업이 협소 공간에서 이루어지기 때문에 로봇 시스템은 반드시 오프라인 프로그램 방식으로 운영되어야 한다.

일반적으로 산업 현장에서 오프라인 프로그램 방식으로 로봇 시스템을 사용하지 못하고 있는 가장 큰 이유중의 하나는 컴퓨터상에 모델링된 환경과 실제 작업 환경과는 로봇 자체의 오차, 제관 오차, 작업대상물의 변형 등 여러가지 이유로 차이가 발생하기 때문인데, 용접 작업일 경우 상기의 문제점을 극복하기 위해서는 로봇 자체의 개발 기술외에 해당 작업장에 적합한 용접선 추적기술, 오프라인 프로그램 기술, 캘리브레이션 기술등이 개발되어야 하는데, 당 연구원에서는 이러한 기술들을 모두 자체 개발하여 검증한 상태이다.

**4. 실용성**

**(1) 실시 여부(생산, 실시 하여 등)**

이번에 자체 개발한 선체 대조립용 용접 로봇



시스템은 '93년초 개발에 착수하여, '95년말부터 약 1년 6개월 동안의 현장 Test를 거친 후 '97년 초 옥포조선소 현장에 10대의 로봇 시스템이 투입되기로 결정되었으며, 현재 10대의 로봇 시스템 제작이 '97. 3월중 완료될 예정이다[기구 제작: 세현엔지니어링, 컨트롤러 제작: 석산전자] 또한, 이 로봇 시스템은 현장 Infra 구축 시점에 맞추어 '97. 6월 현장에 설치되어 본격적으로 가동될 예정이다. 따라서, 본 제품은 정확히 말해 현재 실시중이라고 볼 수 있다.

## (2) 상업적 생산의 가능 여부

당연구원이 개발한 선체 대조립용 용접 로봇은 일종의 6축 수직 다관절 아크 용접 로봇으로서 Slot Hole부의 용접 작업은 물론 소형 로봇이라는 장점 때문에 선체 블록용접뿐만 아니라 일반 산업현장의 부품 단위 용접 작업에도 충분히 확대 적용할 수 있으며, 현재 옥포조선소의 현장 투입용으로 10대의 로봇을 제작하고 있으며, 향후 대우중공업-종합기계부에서 40대 가량을 추가 생산하여 옥포조선소에서 실제 적용할 예정이다. 따라서 본 제품은 현재 상업적 생산가능성 여부를 떠나 현재 상업적으로 생산 중이라고 볼 수 있다.

## (3) 주변기술의 필요여부

선체용접로봇 시스템운영에 필요한 모든 기술들, 즉 로봇 개발(기구부 개발, Controller 개발)과 로봇 적용기술개발(로봇 운반장치, 로봇 용접장치 및 용접기술 개발)을 자체 기술력을 해결하였으므로 별도의 주변기술은 필요없다.

## (4) 국내기술 수준으로 실시 가능 여부

상기 “다. 주변기술의 필요 여부”에서와 같이 선체용접로봇 시스템운영에 필요한 모든 기술들을 자체 개발하였고, 이미 Prototype으로 그 성능과 생산가능성을 충분히 검증하였을 뿐만 아니라 Pilot Sample의 제작도 완성단계에 있으므로 그 실시가능성 여부는 따져볼 필요도 없다.

## (5) 국내외 시장 수요 존재 여부

용접 작업도 3-D 직종중의 하나로서 대부분 자동화되어 가는 추세이고 이미 S사, H사 등 국내 대형조선소의 경우에는 일본의 히타치로부터 '96년 중반부터 Slot Hole부의 용접 작업에 로봇을 투입하기 시작했으며, 이 현상은 국내외적으로 더욱 가속화될 것으로 예측된다. 또한, 당연구원의 제품은 소형 6축 로봇이라는 강점을 살려 일반 부품 단위의 용접 작업까지 확대 적용시켰을 경우 그 시장 규모는 충분하다고 생각된다.

## (6) 파급 효과

이번 6축 수직 다관절 용접 로봇 개발과정에서 획득한 기술들은 향후 자동차용 Spot 용접 로봇, 도장로봇 등 다양한 형태의 로봇 개발시 국내기술로서 상당부분 응용가능하게 되었으며, 수입대체 효과도 클 것으로 예상된다. 일례로서, 그 동안 조선소에서 유일하게 사용되었던 일본의 “HIROBO” 시스템 가격이 이번 개발로 절반 수준까지 가격이 하향 조정되었으며, 최근 국내조선소에 적극적으로 판매유치에 나서고 있는 실정이다.

그 이외에도 자체 로봇 개발로 인해 국내 선박 건조능력에 대한 선주들의 이미지가 향상되어 선박수주활동에도 크게 도움을 줄 수 있을 것으로



예상된다.

## 5. 경제성

### (1) 생산성 향상 및 생산비 절감

현재 VLCC기준 1척의 배를 건조하는데 필요한 Block 개수는 약 220개가 소요되며, 블록당 Slot Hole 부위의 작업 구역은 약 200개소, Slot Hole당 용접시간은 작업대상물의 크기 및 형상에 따라 다소 차이는 있으나 약 20분/Slot Hole, 블록당 Tact Time은 작업자 50명 기준 블록당 Tact Time은 4시간 소요되나 이중 작업 준비/정리 및 작업자의 Loss 등으로 인해 실제 순수용접시간은 약 3시간 정도 되는 것으로 나타났다.

따라서, 로봇 사용시 상기의 Loss(약 1시간/Block)중 80%이상은 절약이 가능하다고 판단되며 이 경우 생산성 향상은 약 20% 정도 예상되고, 최종적으로 50대의 로봇 투입시 옥포조선소의 경우 생산비 절감 효과는 다음과 같다.

- 인건비 절감 : 50명 × 50백만원/년 = 2,550백만원/년
- 용접기 감소 : 50대 × 2백만원 = 100백만원/년

소 계 : 2,650백만원/년

주) 상기 소계에서 생산성 20% 향상부분에 대한 절감 비용은 포함되지 않았음.

따라서, 당 연구원의 선체용접 로봇의 판매가격을 생산원가가 0.4억/대이므로 생산성향상 20%는 고려하지 않더라도 로봇 50대의 생산원가 20억은 1년만에 회수됨을 알 수 있다.

### (2) 환경 개선 효과

선체 블록의 조립 과정중 Slot Hole부의 용접

작업은 단순·반복적인 반면 공간이 매우 협소하고 용접시 발생하는 용접 가스 때문에 실제 작업자가 용접하기에는 힘들고 자세를 유지하는데 어려움이 많은 부위로서 현재 조선 현장에서는 작업 기피현상 및 생산성 저하를 초래하고 있다. 또한, 최근 조선 현장에는 3-D 기피현상으로 인해 용접 숙련공을 구하기 힘들뿐만 아니라 작업자들의 기량에 따라 작업 품질을 유지하는데에도 어려움이 많다.

따라서 이 부위의 용접 작업을 로봇 시스템을 이용해 자동화시켜 줌으로써 생산성 향상은 물론 다음과 같은 작업 환경 개선 효과를 기대할 수 있다.

- 용접 가스로부터 작업자의 직접 접촉 배제 (호흡기 질환 방지) 및 힘든 노동력으로부터 탈피
- 작업자별 기량에 관계없이 일정한 품질 유지 가능
- 산재 환자 등 유희 인력 활용 가능 및 작업자들의 고령화 추세(평균연령: 약 38.5세)에 대응
- 작업 준비 Loss 감소
- 대선주 이미지 향상(선박 건조 기술력에 대한 선주들의 이미지 제고로 수주 활동 지원)

### (3) 수입 대체 효과

그동안 조선 현장에서 Slot Hole부의 용접 작업을 자동화하는 수단으로 일본 히다치 조선에서 개발한 "HIROBO"라는 로봇이 유일하게 사용되어 왔으며, '93년 당시 "HIROBO"의 판매 금액은 로봇 자체가 2.5억원/대, 로봇 운영 S/W(오프라인 프로그램)는 3.5억원/1Copy이었으며, 최근 국내 "H"사 및 "S"사에서 다량의 "HIROBO"



시스템을 수입하여 현장에 설치/운영 중에 있다.

반면, 이번에 자체 개발하여 투입할 로봇 시스템의 경우 제작원가는 로봇 자체가 0.4억원/대, 로봇 운영 S/W(오프라인 프로그램) 개발비용은 2억원정도 소요되었는데, 이번 옥포조선소 현장에 투입될 10대의 로봇 시스템과 앞으로 추가생산될 40대에 대한 수입 대체 효과는 '93년도 일본의 "HIROBO" 판매 기준으로 약 108.5억원(2.1억원/대×50대+3.5억원)으로 추정되고 향후 국내 타사 조선소까지 확대 적용시 약 300억원이상의 수입 대체효과가 기대된다.

**(4) 대외국 특허료 지불 감소 여부**

선체용접로봇에 대해서는 국내에서는 기존에 관련 기술이 전무한 상태로 '96년부터 타 조선소에서는 제품 자체를 일본의 히타치사로부터 구입하였기 때문에 로열티를 계산할 수가 없다. 임생기 책임연구원이 선체용접로봇을 완전 자체 개발함에 따라 적어도 대우중공업-옥포조선소에 한해서는 대외국 로열티 지급을 zero로 만들었다고 볼 수 있고, 향후 본 제품이 타 조선소나 일반 산업 현장에 확대 적용될 경우에는 대외국 특허료 지불 감소는 상당하리라 예상된다.

**(5) 특허 분쟁 또는 크로스 라이선스를 위한 대응 특허 여부**

본 선체용접로봇을 개발함에 있어서 철저한 특허분석과 회피설계 및 그의 산업재산권에 의한 보호로 본 제품의 생산, 판매 등의 실시를 함에 있어서 타사와의 특허 분쟁의 소지는 없다고 판단된다.

**(6) 시장규모(국내 수요, 수출) [0.8억원/대 기준]**

국내 시장 수요는 조선소의 Slot Hole부 용접 작업만을 고려했을 경우, 향후 150대(대우판매가격 0.8억원×150=120억원) 정도 예상하며, 일반 부품단위의 아크 용접 작업까지를 포함시켰을 경우 그 수요는 500대/년 이상, 금액으로는 400억원 이상이 될 것으로 기대된다.

수출 측면에서는 일본, 유럽 등에 80대(64억원)/년 정도 기대된다. **발특 9710**

