

<産學協同>

선체 각부의 도장에 의한 방식☆

김 광 국
현대중공업 주식회사

Corrosion Control of Ship Body by Painting

Kwang Kook Kim

Hyundai Shipbuilding & Heavy Industries Co., Ltd. Ulsan, Korea

1. 서 론

강열한 태양광선에 직면해 있고, 다량의 염분을 함유하고 있는 대기에 쌓여 있으며 가혹한 건습 교호작용을 받는 환경에 처해있는 선박에 있어서 도료의 역할은 중요하다.

이러한 부식환경으로부터 선박을 보호하고 강도와 안정성을 유지하며 smooth한 운항을 계획했던대로 하기 위해서는 우수한 도료와 적절한 도장이 절대로 필요하다.

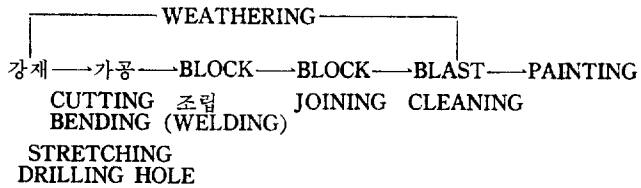
선박에는 여객선, 화물선, 어선, 군함, 해상탱크, 유조선, 해상각종작업선등 각종의 기능을 가지고 있는 것이 많아서 이들에 적합한 도장사양이 각각 필요하며 또한 선내 각부에는 내열, 내산, 내유, 내 alkali등 여러가지의 도료를 필요로 하고 있는 개소가 많으므로 여기에 적합한 도료의 선택과 도장은 무엇보다도 중요한 것이다.

따라서 본고에서는 선체각부의 부식환경에 대한 설명 및 이에 상응하는 방식도장 system에 중점을 두었다.

2. 선체의 건조방식과 방식도장 절차

선체의 건조방식 발달사를 방식도장 system과 연관지어 고찰하면 다음과 같다.

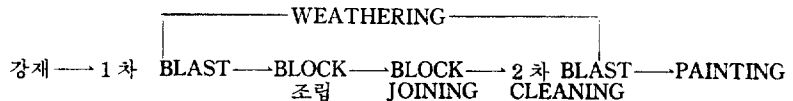
BUILDING IN RUST



장점 : block 조립까지의 공정이 공장외에서 처리가능하다. (선각공장 불필요)

- 단점 : 1. 다소 심한 국부적 PITTING 현상이 발생될 수 있다.
- 2. 작업장이 지저분하여 작업자에게 비위생적 환경을 준다.
- 3. 대규모 BLASTING 작업으로 환경을 오염시킨다.
- 4. 전체적이고 대규모 작업이므로 BLASTING과 BLASTING 사이에 녹이 다시 쓸것이 예상된다.

VARIATION I OF BUILDING IN RUST

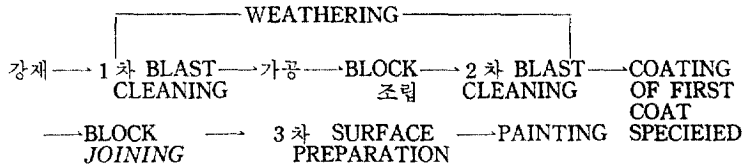


- 장점 : 1. 비교적 속도로 가공 및 BLOCK FABRICATION을 행할 수 있다.
- 2. PITTING의 위험이 다소 감소된다.

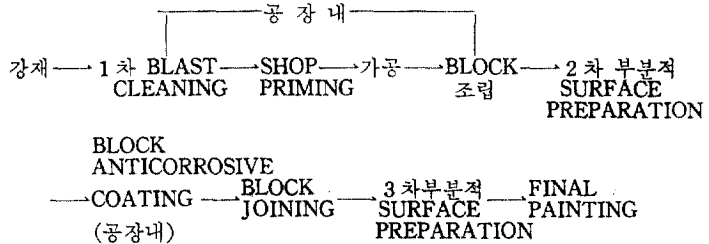
단점 : BUILDING IN RUST METHOD 2, 3, 4항과 동일

* 한국부식학회 1978년도 추계 학술강연회(해양대학)에서 발표된 것임.

VARIATION II OF BUILDING IN RUST



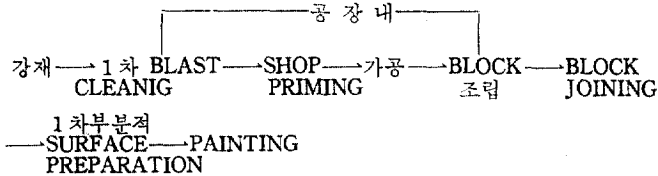
PAINTING IN SECTION BUILDING



- 장점 : 1. 건조기간 동안 STEEL 부식이 방지된다.
 2. 공장내부가 깨끗하다.
 3. 대형선의 경우 유리하다'

4. 대기 오염이 방지된다.
 단점 : 많은 자본을 소요로 한다. (선각공장+BLOCK 도장공상 운영)

BUILDING IN THE SHOP COAT



- 장점 : 1. 건조 기간 동안 STEEL 부식이 방지된다.
 2. 공장내부가 깨끗하다.
 3. 소형선의 경우 유리하다.
 4. 대기 오염이 방지된다.

5. 과도한 도료 손실이 방지된다.
 단점 : 1. 비교적 많은 자본이 소요된다.
 2. TANK 내등 비교적 협소한 개소의 도장에 는 곤란하다.

현재당사에서는 block Joining 후 도장해도 별문제가 없는 개소에는 (갑판등) "BUILDING IN THE SHOP COAT" 방식을 택하고 있으며 (30% 정도) 그외는 "PAINTING IN THE SECTION BUILDING" 방식을 택하고 있다.

3. 선체각부의 부식환경과 방식도장 System

3-1 선체부식의 원인

선박부식의 중요한 원인을 열거하면 다음과 같으며 실제의 부식은 다음 열거한 것중의 하나에 기인되거나 또는 복합적으로 일어난다고 볼 수 있다.

- 1) 대기
- 2) 해수
- 3) 금속자체의 우열
 1. 순도
 2. 함유성분의 종류와 양
 3. 가열과 온도상승
 4. 가공에 의한 deformation
 5. 침식

6. 부식성 gas, 연소 gas
7. 담수 및 부식성 염류 수용액
8. 연료, 유지류
9. 입거 및 수리작업
10. 전기화학적 부식
11. 응력부식, 부식피로
12. 마모와 부식의 동시작용
13. 선저부, 선측부 부착생물에 의한 부식촉진
14. 식량품에 의한 부식
15. 냉장고 내의 부식
16. 고온산화에 의한 금속재료의 소모

4) Stray Current

3-2 선체각부의 방식도장 system

선체각부의 특성에 따른 방식도장 system은 다음과 같다.

1) UNDER WATER PARTS

- a. surface preparation prior to application Sa 2 1/2 or intact and cleaned shop coat (power tool

cleaning은 conventional paint system의 경우에만 허용)

b. paint system이 가져야 하는 내부식 환경성

1. corrosion preventing
2. water resistant (sea water)
3. wear resistant
4. anti-fouling
5. smooth (anti-fouling)
6. unsaponifiable under cathodic protection

c. suitable paint system

1. high-duty system

A/C-coal tar epoxy (250 micron meter) or polyurethane-tar (250micron meter) or chlorinated rubber (250 micron meter) or vinyl copolymers (200 micron meter)

A/F-two final coats of contact type antifouling paint

2. conventional system

A/C-bitumen (150 micron meter) or tung oil/phenolic resin (150 micron meter)

A/F-two final coats of contact type antifouling paint

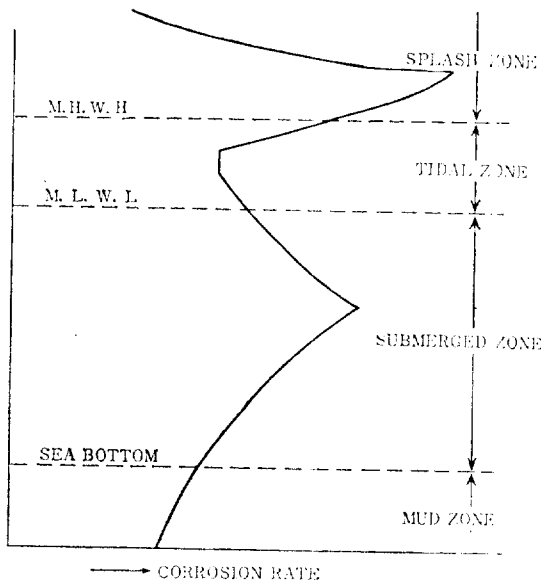


Fig 1. 해수에 침적된 구조물의 각 부위별 부식율

d. 참고사항

1. 대형선의 flat bottom부는 수심이 깊은 위치에 있고 항구에 정박하는 기간이 짧기 때문에 A/F

Table 1. 해수중 철의 전위와 부식

CORROSION & CATHODIC PROTECTION	POTENTIAL OF THE STEEL IN SEAWATER RELATIVE TO;			SECONDARY PHENOMENON OF CATHODIC PROTECTION
	Ag/AgCl	Cu/CuSO ₄	Zn/SEA WATER	
NO CATHODIC PROTECTION SEVERE CORROSION NORMAL CORROSION NORMAL POTENTIAL	-300	-350	+750	INCREASING ALKALINITY CALCAREOUS DEPOSIT AND ELECTRO-OSMOTIC WATER TRANSPORT: RISK OF BLISTERING AND SAPONIFICATION INCREASING GENERATION OF HYDROGEN: RISK OF BLISTERING AND COMPLETE LOSS OF ADHESION FLAKING OF PAINT LAYERS MILLSCALE AND RUST
	-400	-450	+650	
	-500	-550	+550	
	-600	-650	+450	
UNDER PROTECTION SLIGHT CORROSION	-700	-750	+350	
	-800	-850	+250	
CATHODIC PROTECTION NO CORROSION CORRECT PROTECTIVE POTENTIAL OVER PROTECTION	-900	-950	+150	
	-1000	-1050	+50	
	-1100	-1150	-50	
	-1200	-1250	-150	
	-1300	-1350	-250	
	-1400	-1450	-350	

coating을 생략할 수 있다(Fig 1 참조).

2. 전기방식 system을 쓰는 경우는 anode 주변의 epoxy 특수도장을 하여야 하며 각각의 paint system은 전기저항성 및 내알카리성이 충분해야 한다(Table 1 참조).
3. A/F coating을 한 후 해수에 침수시킬 때까지의 기간은 제한되어 있다.

2) BOOTTOP ZONE

a. surface preparation prior to application

1) 항과 동일

b. paint system이 가져야 하는 내부식 환경성

1. corrosion preventing
2. water resistant (sea water)
3. weather resistant
4. impact resistant
5. scratch resistant
6. smooth
7. oil resistant
8. algicidal
9. unsaponifiable under cathodic protection

c. suitable paint system

1. High-duty system

coal tar epoxy (250 micron meter) or
polyurethane tar (250 micron meter) or
epoxy resin (250 micron meter) or
polyurethane resin (250 micron meter) or
chlorinated rubber (200 micron meter) or
vinyl copolymers (200 micron meter)

2. Conventional system

bitumen (150 micron meter) or
tung oil/phenolic resin (150 micron)

* final coats (boottopping paints) may be algicidal if required

d. 참고사항

light color가 요구될 때에는 bitumen이나 tar을 함유하고 있는 primer를 쓸 수 있다.

3) TOPSIDE & EXTERIOR PARTS ON DECKS

a. surface preparation prior to application

1) 항과 동일

b. paint system이 가져야 하는 내부식 환경성

1. corrosion resistant
2. weater resistant
3. impact resistant
4. scratch resistant
5. easy to clean

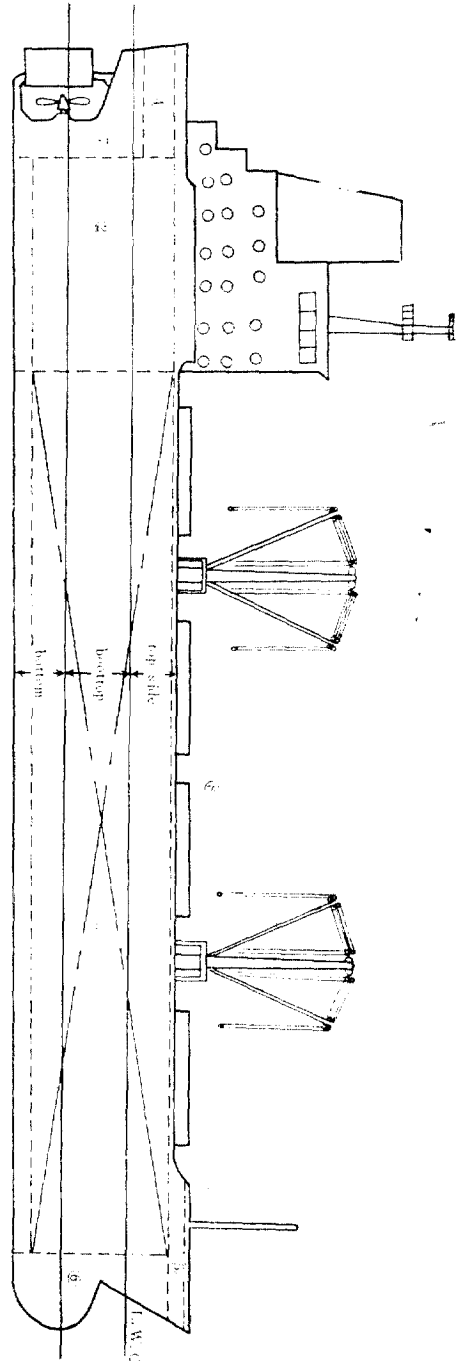


Fig 2. 선체 각 부위별 명칭

- | | |
|---|-----------------------|
| 1. accomodation | 2. engine room |
| 3. cargo hold | 4. steering gear room |
| 5. fo cle store | |
| 6. fore peak tank (water ballast tank) | |
| 7. after peak tank (water ballast tank) | |
| 8. general parts(deck machineries, hatch covers, ventilator etc.) | |

- 6. decorative
- c. suitable paint system
 - 1. high-duty system
 - epoxy resin (200 micron meter) or polyurethane resin (200 micron meter) or chlorinated rubber (200 micron meter) or vinyl copolymers (200 micron meter)
 - 2. conventional system
 - tung oil/phenolic resin (120 micron) or alkyd resin (120 micron)

4) WEATHER DECKS

- a. surface preparation prior to application
 - 1) 항과 동일
- b. paint system이 가져야 하는 내부식 환경성
 - 1. corrosion resistant
 - 2. weather resistant
 - 3. abrasion resistant
 - 4. impact resistant
 - 5. scratch resistant
 - 6. non-slip
 - 7. water, oils, lubricating greases resistant
 - 8. cleaning agents and spillage of liquid cargo
- c. suitable paint system
 - 1. high-duty system
 - epoxy resin (200 micron meter) or polyurethane resin (200 micron meter) or vinyl copolymers (200 micron meter) or zinc silicate (75-120 micron meter)
 - 2. conventional system
 - alkyd resin (120 micron)

* the topcoat is often a non-slip paint
- d. 참고사항
 - chemical products를 위한 tanker는 epoxy 혹은 polyurethane resin계의 system으로 도장한다.

5) DRY CARGO HOLDS

- a. surface preparation prior to application
 - 1) 항과 동일
- b. paint system이 가져야 하는 내부식 환경성
 - 1. corrosion resistant
 - 2. abrasion resistant
 - 3. impact resistant
 - 4. scratch resistant
 - 5. water resistant (bottom)
 - 6. no flaking in holds for bulk consumer goods
- c. suitable paint system

- 1. high-duty system
 - coal tar epoxy (200 micron meter) or polyurethane tar (200 micron meter) or epoxy resin (200 micron meter) or polyurethane resin (200 micron meter) or zinc/silicate (75-120 micron meter)
- 2. conventional system
 - bitumen (120 micron meter) or alkyd resin (120 micron meter)
- d. 참고사항
 - ore, coal and scrap holds는 특히 high-duty system이 요구된다.

6) WATER BALLAST TANKS

- a. surface preparation prior to application
 - 1) 항과 동일
- b. paint system이 가져야 하는 내부식 환경성
 - 1. corrosion resistant
 - 2. free from pores water resistant
 - 3. unsaponifiable under cathodic protection
 - 4. resistant against fueloil and crude oil (cargo/ ballast tanks)
- c. suitable paint system
 - 1. high-duty system
 - coal tar epoxy (250 micron meter) or epoxy resin (250 micron meter)
 - 2. conventional system
 - bituminous (300 micron) or solvent free bituminous compositions (some mms)
- d. 참고사항
 - cargo ballast tanks는 epoxy resin계 system으로 도장되어지고 float coat 혹은 grease paint로 coating 된 water ballast tanks의 도장은 자주 되풀이 되어야 한다.

7) GAS TURBINE FUEL TANKS

- a. surface preparation prior to application
 - shop coat must to be removed
- b. paint system이 가져야 하는 내부식 환경성
 - 6) 항과 동일
- c. suitable paint system
 - "in situ" blasting + epoxy resin (250 micron meter)

) DRINKING WATER TANKS

- a. surface preparation prior to application
 - 1) 항과 동일
- b. paint system이 가져야 하는 내부식 환경성
 - 1. corrosion resistant

- 2. water resistant
- 3. free from toxic substances liable to discolor or taint the water

c. suitable paint

- 1. high-duty system
epoxy resin (250 micron meter)
- 2. conventional system
odourless and tasteless bituminous (300 micron) or solvent free bituminous composition (several mms)

* sometimes cement wash or an odourless and tasteless grease is applied

d. 참고사항

많은 국가의 관련기관에서 승인을 얻어야 한다. cement wash 혹은 grease는 자주 손을 보아야 한다.

9) CARGO TANKS FOR CRUDE OIL

a. surface preparation prior to application

Sa 2 1/2 or intact cleaned shop coat

b. paint system이 가져야 하는 내부식 환경성

- 1. corrosion resistant
- 2. free from pores water resistant
- 3. clude oil resistant
- 4. unsaponifiable under cathodic protection

c. suitable paint system

- 1. high-duty system
epoxy resin (250 micron meter)

d. 참고사항

tank는 가끔 bottom과 deck head(bottom에서 2m 범위내의 수평부분과 위에서 아래로 2m)는 완전히 도장을 한다.

bulkhead의 더욱 중요한 점은 cargo/ballast tanks의 경우 도장과 cathodic protection이 안된 blast clean steel로 이루어진다는 것이다.

10) CARGO TANKS FOR WHITE OIL PRODUCT AND STRONG SOLVENT

a. surface preparation prior to application

Sa 2 1/2 or intact cleaned shop coat

(만약 tank에 강한 solvent를 실을 경우 shop coat는 blast cleaning에 의해서 제거되어야 한다)

b. paint system이 가져야 하는 내부식 환경성

- 1. corrosion resistant
- 2. white oil and strong solvent resistant
- 3. free from cargo-polluting substances

c. suitable paint system

1. High-duty system

epoxy resin (250 micron meter) or zinc/silicate (75-120 micron meter)

d. 참고사항

U.S. 관리기관은 jet fuel tank에 zinc를 포함하고 있는 paints와 shop coats를 금하고 있다.

11) TANKS FOR LIQUID CONSUMER GOODS

a. surface preparation prior to application

blast cleaned to Sa 2 1/2, shop coat가 남아 있다면 blast-cleaning에 의해 제거되어야 한다.

b. paint system이 가져야 하는 내부식 환경성

- 1. corrosion resistant
- 2. free from pores resistant to cargos
- 3. free from cargo contaminating substances

c. suitable paint system

chemically resistant based on epoxy resin (300 micron meter)

d. 참고사항

많은 국가의 관계기관에서 승인을 얻어야 한다.

12) ENGINE ROOM (ABOVE THE FLOOR PLATING)

a. surface preparation prior to application

1) 항과 동일

b. paint system이 가져야 하는 내부식 환경성

- 1. corrosion resistant
- 2. oil resistant
- 3. easy to clean
- 4. non-yellowing

c. suitable paint system

- 1. conventional paint system
alkyd resin or non-yellowing alkyd resin

13) ENGINE ROOM (UNDER THE FLOOR PLATING)

a. surface preparation prior to application

Sa 2 1/2 or intact cleaned shop coat

b. paint system이 가져야 하는 내부식 환경성

- 1. corrosion resistant
- 2. water resistant
- 3. oil resistant

c. suitable paint system

- 1. high duty system
coal tar epoxy (200 micron metr) or epoxy resin (200 micron meter)

4. Surface Preparation

선박은 그 주요부분이 철강으로 만들어지며 그들 때

부분이 도장에 의하여 방지된다. 아무리 성능이 좋은 도료를 사용한다 하더라도 전처리 및 도장이 불충분하면 도료의 효과는 발휘될 수 없다. 그러므로 무엇보다도 중요한 것은 사용될 도장 system에 적합한 하지처리를 하는 것이다.

surface preparation이라는 것은 도장할 표면으로부터 millscale, rust, oil, greases 그리고 불순물을 제거하여 도장가능한 소지를 준비하는 것이다. 또한 steel 표면은 paint system의 좋은 접착력을 얻기 위해 약간의 거칠은 것이 바람직하다.

1) SURFACE PROFILE

조선용 강재의 surface preparation중 많이 쓰이는 것은 shot blasting, sand blasting, grit blasting, pickling 등이며 이들의 일반적인 surface profile은 다음 "Table 2"과 같다.

Table 2. Surface Profile

	max. roughness
Grit Blast	100 micron
Shot Blast	70 "
Sand Blast	40 "
Wire Brush	5 "
Disc Sander	15 "
Pickling	10 "

2) GRADE

현재 도장을 전재로 한 강관의 surface preparation 판정법으로는 Sweden 규격의 표준사진법과 엄밀히 규제되어 있는 미국의 SSPC-SP(Steel Structures Painting Council Surface Preparation Specification) 등이 흔히 많이 쓰이고 있다. Sweden 규격과 SSPC-SP의 대비표는 "Table 3"을 참조 바란다.

Table 3. 미국과 스웨덴 규격의 표면처리 대비표

SSPC-SP	SIS 055900			
SSPC-SP2	Bst2	C st2	D st2	
SSPC-SP3	Bst3	C st3	D st3	
SSPC-SP5 (1)	A sa3	B sa3	C sa3	D sa3
SSPC-SP6 (3)	B sa2	C sa2	D sa2	
SSPC-SP7	B sa1	C sa1	D sa1	
SSPC-SP10(2)	A sa 2 1/2			

- (1) White metal
- (2) Near white metal
- (3) Commercial metal

5. Paint and Paint System (PAINT의 선택)

5-1 Paint의 주목적

- 1) 방청
- 2) 장식
- 3) 방청 + 장식

5-2 Paint의 조성

Paint { Vehicle { Binder
 { Pigment { Solvnet

5-3 Paint System

- 1) Conventional System
A C Primer + Undercoat + Finishing Paint (Top Coat)

2) High duty or High performance System

동일계 paint를 200 micron 이상하는 것을 원칙으로 한다. 각 선급협회에서 인정하는 paint system을 적용할 시 corrosion control에 의한 설체각부의 강재 두께를 감소시키는 것이 인정된다.

5-4 Paint의 분류(dry mechanism에 의거)

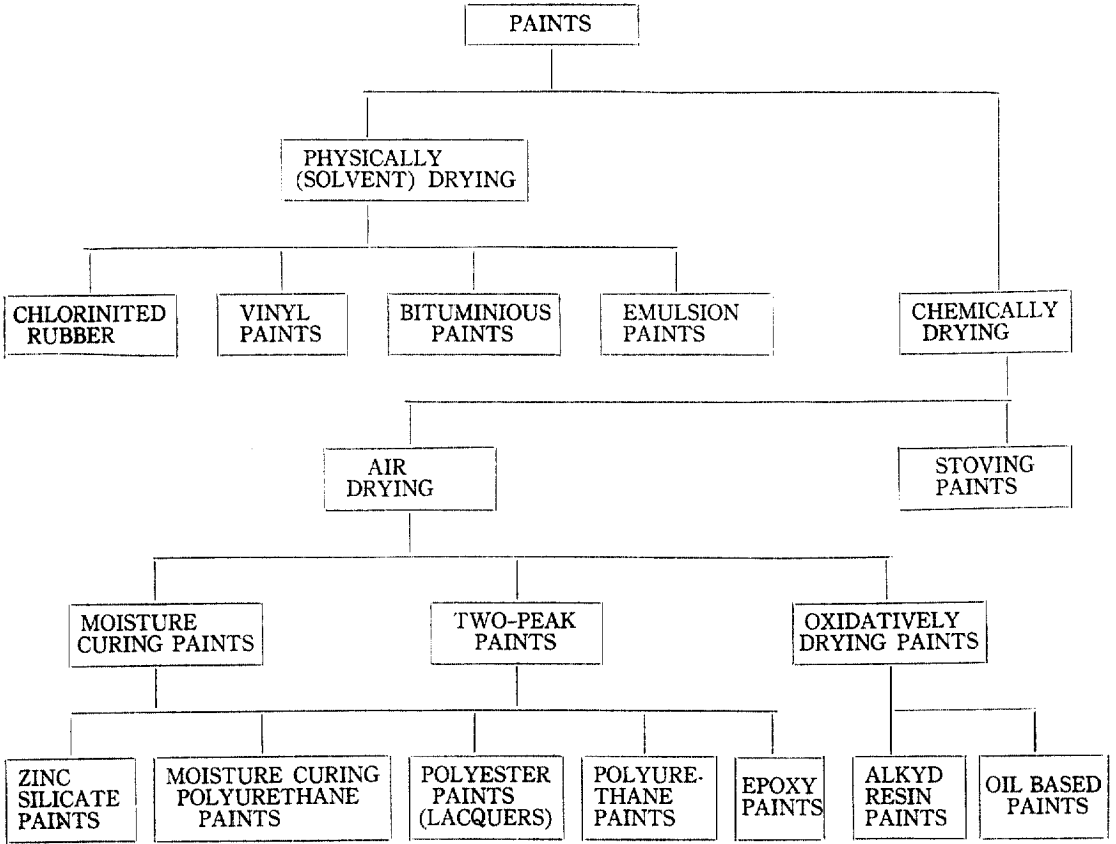
건조방법에 의하여 분류된 paint의 종류는 Table 4와 같다.

5-5 Paint 선택 전 Check Item

도료의 선택전에는 실제공정과 각각의 제반조건에 맞는 system 선정을 위하여 아래의 사항은 반드시 확인되어야 한다.

- 1. trade name
- 2. type of paint
- 3. delivery form (package, mixing ratio)
- 4. composition
- 5. physical properties (density, viscosity)
- 6. substrates
- 7. pot life (at 0, 5, 10, 15, 20°C)
- 8. application method
- 9. thinner
- 10. alternative thinner
- 11. curing solvent
- 12. thinner 첨가 %
- 13. airless sprayer (nozzle pressure, nozzle size)
- 14. film thickness (dry & wet)
- 15. solid volume percent
- 16. theoretical spreading rate (m²/l)
- 17. application temperature and humidity (max. & min.)
- 18. drying time (at 0, 5, 10, 15, 20°C)

Table 4. Classification of paints according to drying mechanism



19. storage stability
20. special certificate
21. safety/health
22. shelf life
23. max. time interval to subsequent coat and immersion
24. surface preparation to shop primed steel (damaged part, burnt part, welded part, rerusted part. erection joint, clean and intact shop primer)
25. min. steel temperature above dew point
26. max. heat resistance
27. max. exposure to atmosphere of A/F

6. Shop primer.

강재를 shop-blasting이나 sand blasting에 의하여 강재표면의 milscale, rust 등을 제거한 후 절단, 용접 등의 가공을 행하고 block으로 조립하는 기간중에 녹이 생기는 것을 방지하기 위해서 도포하는 강재의 1차 방청도료를 shop primer (prefabrication primer)라고 부른다.

shop primer는 1) 전조가 빨라야 하고 2) 강재의 부

작성이 우수하고 도막은 마모, 충격, bending, stretching 등에 강해야 하며 3) 강재의 운반, 조립, 가공등에서 기계적 손상에 강해야 하며 4) weathering resistance가 충분하여 장기 방청성을 유지해야 하며 5) welding, cutting등에 장애를 일으키지 않고 약취의 유해한 fume을 발생시켜서는 안되며 6) 열손상을 받는 경우 도막을 제거하고 cleaning하는 것이 용이해야 하며 7) 각종 도료와의 부작성이 우수해야 하며 8) 도장 작업성이 우수해서 균일한 도막을 얻을 수 있어야 하고 9) 도막은 염수, 침수, 각종 기름, 전기방식 등에 내성을 가져야 한다.

shop primer의 종류는 여러가지가 있으나 각각의 장단점 및 상기한 제반조건을, 사용 가능한 장비와 함께 검토 후 결정하는 것이 좋다.

7. 페인트 칠

페인트 칠은 maker의 지도하에 행하는 것이 가장 안전하다. 자체의 공정 및 각 제품별 maker의 instruction을 사전에 충분히 검토하여 페인트 칠을 시작하는 것이 좋다.