



Cable basic training

Product & Technical
Ohgyu.Kwon

07-03-2008

1. 전선(Wire) 기초

전선(Wire)의 정의

전선(electric wire)이란 전기를 전달하기 위한 선으로 전력 또는 전기신호를 보내기 위해 사용되는 선류(線類) 등을 말하며, 나선 절연전선 및 코드선을 총칭한다.

1) 전선의 구분

✓ 전선의 구조 및 형태에 따른 구분

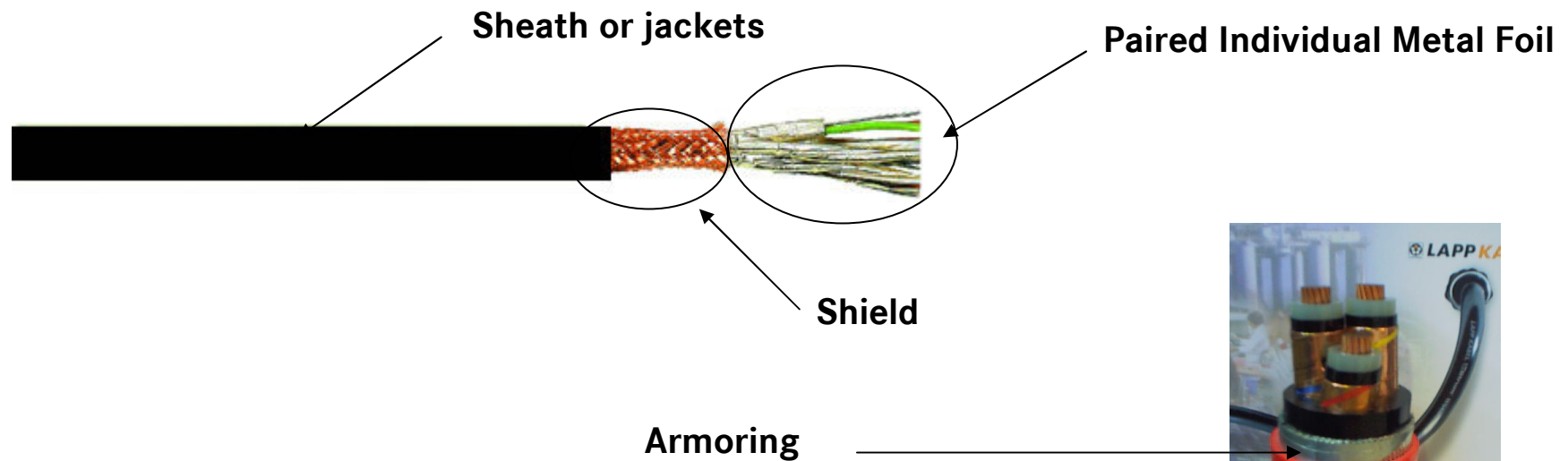
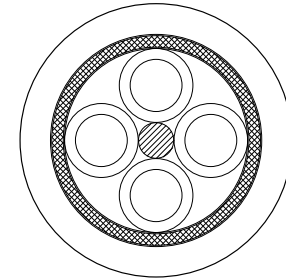
- 나선(bare wire)
- 절연전선(Insulation wire)
- 케이블(Cable)

✓ 전선의 적용에 따른 구분

- 기기 배선용 전선: 전원공급, 제어 및 신호 전송 등 전기,전자, 통신등에 사용되는 전선
- 통신용 전선: 전화용 및 기타 통신용 등으로 사용되는 전선
- 전력용 전선: 정격 전압에 따라 구분되는 전선

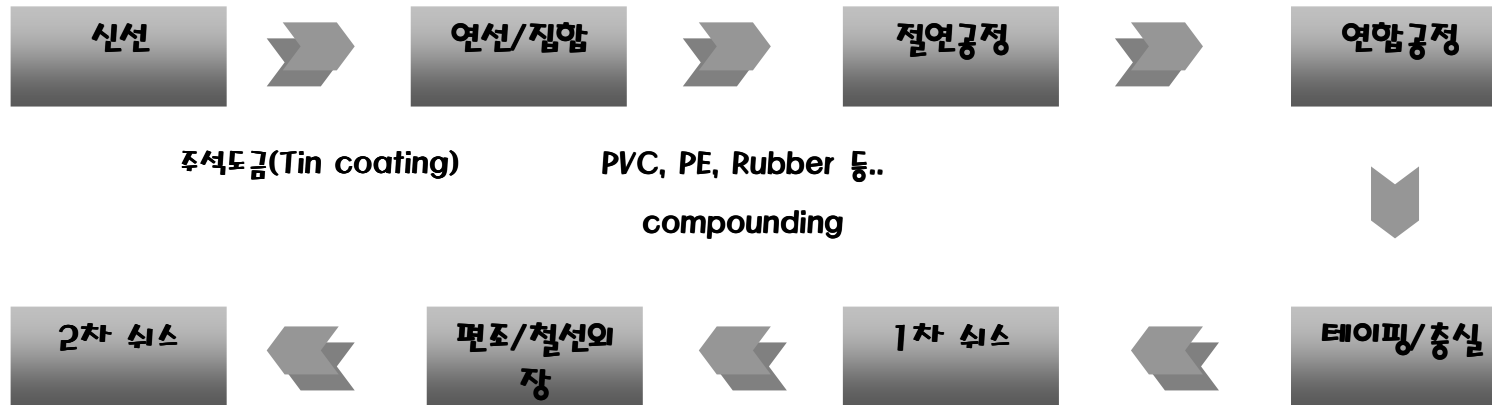
2) 전선의 일반적인 구조 및 특성

- ✓ 도체 (Conductor)
- ✓ 절연체 (Insulation)
- ✓ 실드 (Shield)
- ✓ 외피 (Sheath)
- ✓ 기타 (Other)



2. 전선 제조 기술

1. 전선 제조과정



< 전선 제조과정 >

2. 전선의 전도성 재료

1) 전기용 동(Cu)

동(Cu)의 대부분은 전기용에서 정제된 TPC (Tough Pitch Copper)가 사용됨. TPC 산소 함량(0.02 ~ 0.06%)하고, 도전율은 은 다음으로 양호, 가공성 좋고, 기계적 성능 및 내부식성이 우수하다.

- ✓ 물리적 특성: 구리 비중은 8.96, 용융점 1083 °C, 비 자성체이며, 전기 및 열의 양도체이며, 유연하고 전연성이 좋아 가공성이 용이함
- ✓ 화학적 특성: 황산·염산에 용해되며, 습기, 탄산가스, 해수에 녹이 생긴다.

※ 구리의 종류

- 전기용 : 조동을 전해 정련하여 99.96% 이상의 순수한 동으로 만든 동을 말한다.
- 무 산소 구리 : 전기용을 진공 용해하여 산소 함유량을 0.006% 이하로 탈산한 구리를 말한다.
- 정련 구리 : 전기용을 반사로에서 정련한 구리를 말한다.

2) 알루미늄(AL)

AL은 금속 재료 중 동 다음으로 도전성이 좋고, 가벼우며 내부식성이 우수하여 도전재료로서 널리 사용됨.

3) 주석(Sn)

주석(Sn)은 비중이 7.3인 은색의 유연한 금속. 내식성이 우수하며, 피복 가공처리도 쉽고, 독성이 없기 때문에 강판의 녹 방지를 위한 피복용, 의약품, 식품 등의 포장용 튜브, 장식품 등에 널리 쓰인다.

4) 은(Ag)

은(Ag) 은 은백색으로 비중은 10.49이며, 금 다음으로 연성과 전성이 크며, 전 기와 열의 양도체이며, 내 산화성을 가지고 있다. 주요 사용 처로는 접점 재료 이외에 치과용, 납땜 합금, 장식 합금, 박, 가루로서 사용된다.

5) 니켈(Ni)

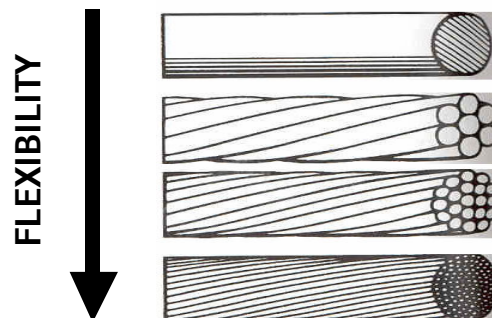
니켈은 연성이 크고 냉간 및 열간 가공(1000~1200℃)이 쉽다. 재결정 온도는 530~660℃이며, 인장강도(플림 시)는 40~50kg, 연신율은 30~45% 정도이다. 경도(HB)는 80~100으로 내식성과 내열성이 크며 주요 사용 처로는 화학 및 식품 공업, 진공관, 화폐, 도금 등에 널리 쓰인다.

< 도체의 기본 특성 비교 >

특 성	단 위	Silver	Copper	Aluminium	Steel
Conductance	m/Ohm x mm ²	62	58	36	7
Tensile strength	N/mm ²	300	200	150	1000
Melting point	° C	960	1084	658	1500
Price factor	Steel 기준	370	32	31	1

도체 종류	사용 온도	전도율	납땜 특성	내 부식성	유연성
Plain Copper	Up to +130°C	아주 좋음	좋음	좋음	아주 좋음
Tinned Copper	Up to +180°C	아주 좋음	아주 좋음	아주 좋음	좋음
Silver Plated Copper	Up to +205°C	아주 좋음	아주 좋음	보통	좋음
Nickel Plated Copper	Up to +260°C	좋음	보통	아주 좋음	보통
Nickel	Up to +500°C	보통	안됨	아주 좋음	보통

< 도체의 유연성 >



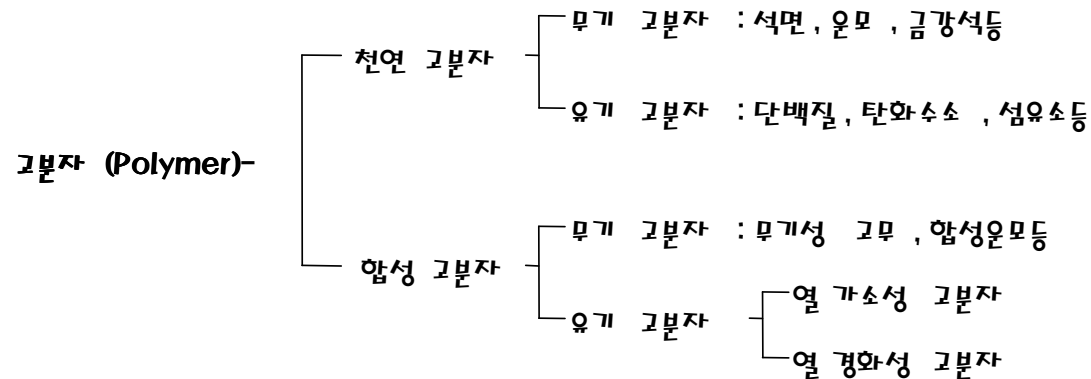
- ◁ Solid conductor are not flexible
- ◁ 7 wire multi strand slightly flexible
- ◁ Class 5 flexible
- ◁ Class 6 super flexible



3. 전선의 피복 재료

전선 피복의 종류

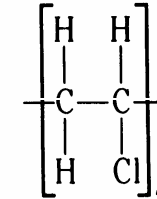
- ✓ 열가소성 수지(Thermoplastic Resins):
ex) PVC, 폴리에틸렌(LDPE, MDPE, HDPE), 가교 폴리에틸렌(XLPE), 폴리 우레 탄(PUR), 나일론, 테프론, 에틸렌 에틸 아크릴레이트(EAA) 등...
- ✓ 열경화성 수지(Thermosetting plastics):
ex) 페놀수지, 요소수지, 멜라민 수지, 에폭시 수지, 규소수지등...



< 고분자의 구분 >

Poly Vinyl Chloride (PVC)

분자 구조



Polyvinyl chloride
mp: ~204°C (~400°F)

1) PVC 특성

- ✓ mp: 204°C
- ✓ 비중은 1.31 ~ 1.45이다.
- ✓ PVC의 연화온도는 섭씨 65 ~ 85°C이다.
(Compounding에 따라 120 ~ 160°C에서도연화하기도 함)
- ✓ 내산, 내 알칼리성이 우수하며, 내수성도 양호하다.
- ✓ 노화성, 내유성이 우수하며, 불연성(난연성)도 양호하다.
- ✓ 투명성, 착색성이 양호하다.
- ✓ 전기적 성질이 우수하다.(절연강도 425 ~ 1,300 V/mil)

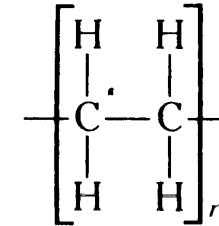
2) PVC합성

- 기본 재료에 여러 가지 화합물을 첨가하여 합성
- 첨가하는 화합물은 가소제, 열안정제, 윤활제, 첨가제, 착색제 등

50 %	PVC
30 %	Plasticizer
6 %	Stabilizer
1 %	Lubricant
13 %	Filler, Extender, Colourings

Polyethylene(PE)

분자 구조



Polyethylene
mp: 110–137°C
(230–278°F)

1) PE의 특성

- ✓ mp: 110-137°C
- ✓ 전기 절연성이 양호하며, 또한 유연성 및 강도가 높아 가공성이 우수
- ✓ 독성이 없으며, 내 침투성(투과성) 및 내약품성(산, 알칼리)이 우수하다
- ✓ 저온에서 충분한 강도 (-73°C 까지 가능한 유연성)
- ✓ 부식저항 및 뛰어난 절연성
- ✓ 낮은 물-증기 투과성.
- ✓ 전압 절연용은 무색 수지 사용, 자켓(Jacket)나 반도체층에는 카본블랙이 첨가된 수지가

2) XLPE(Cross Linked Polyethylene)

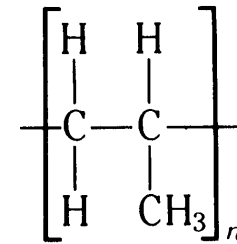
절연용 폴리에틸렌의 경우는 과산화물, 실란 화합물 방사선에 의한 가교방식을 써서 가교되는 수지

< PE의 분류 >

TYPE	밀도	분류
TYPE I	0.910~0.925	저밀도 폴리에틸렌(LDPE)
TYPE II	0.926~0.940	중밀도 폴리에틸렌(MDPE)
TYPE III	0.941~0.959	고밀도 폴리에틸렌(HDPE)
TYPE IV	0.960 이상	고밀도 폴리에틸렌(HDPE)

Polypropylene(pp)

분자 구조



Polypropylene
mp:165~177°C
(330~350°F)

1) PP의 특성

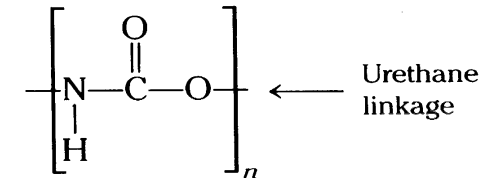
- ✓ mp: 165~177°C
- ✓ 저 밀도 (비중이 0.90 ~ 0.92)
- ✓ 화학적 내습내열성
- ✓ 좋은 표면경도
- ✓ 융점, 투명성, 내 굴곡성 등이 우수하다.
- ✓ 전기적 특성이 우수하며, 특히 고주파의 유전특성이 매우 우수하다.
- ✓ 부독성, 80°C 이하에서 벤젠 및 톨루엔 등의 유기 용매에 대해 비교적 안정하다.
- ✓ 저온 충격강도가 폴리에틸렌에 비해 다소 낮은 결점
- ✓ 빛 또는 산소에 대한 저항성이 낮다.

Thermoplastic polyurethane elastomer; TPUE

분자 구조

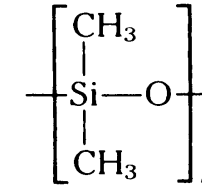
1) Polyurethane의 특성

- ✓ 넓은 온도 범위에서 유연성 우수 (사용 온도; - 60 ~ 250°C)
- ✓ 오일, 세균에 대한 저항성 우수
- ✓ 내 마모성이나 내 노화성, 내 이온성 및 저온특성도 뛰어나다 높은 유연성
- ✓ 탄성, 강인성에 뛰어나고 인장강도가 크다.
- ✓ 내 유성 및 내 용제성이 우수하다.
- ✓ 가수분해하기 쉽고, 산/알칼리에 비교적 약한 특성을 지니고 있다.
- ✓ 열이나 빛의 작용으로 황 변화하는 결점을 갖고 있다.
- ✓ 고온 분위기 속에서, 혹은 끓는 물속에서는 강도가 뚜렷이 낮아지는 결점이 있다.



Silicon rubber

분자 구조



Repeating structural unit
for polydimethyl siloxane

1) 실리콘의 특성

- 열 및 산화에 대해 강하다. (넓은 온도 범위에서 사용 가능 -100 ~ 250°C)
- 내 가수 분해성이 나쁨

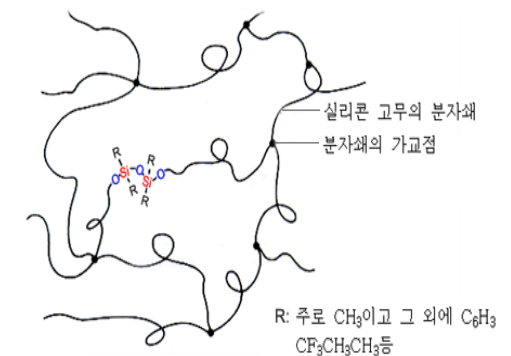
(고온의 수증기 등에 닿을 때 실리콘 분자가 저 분자량 물질로 전환)

- 부식성이 없고 산화되지 않는 화합물로 경제성, 화재 위험성, 독성, 환경공해 관련 대체 물질
- 내열성, 화학적 안정성, 전기절연성, 내마모성, 광택성 등이 우수

2) 실리콘의 장/단점 비교

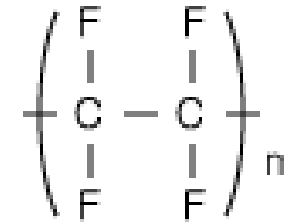
실리콘의 장점	실리콘의 단점
고온 및 저온 안정성(-50 ~ +180°C)	기계적 강도
내후성(UV, OZONE)	기계적 강도
난연성	내마모성
전기절연성	산/알칼리 안정성
가스 투과성	오일/솔벤트 안정성
경화 특성	가스 투과성
작업성	

< 실리콘 고무의 분자 구조 >



Plytetrafluoroethylene(PTFE; Teflon)

분자 구조



(PTFE; Teflon)

1) 테프론의 특성

- ✓ mp: 327 °C
- ✓ 화학 약품 및 용제 등 일반적으로 화학적 불활성체
- ✓ 저 마찰 계수이며, 내 마모성이 우수, 내 충격 강도 우수
- ✓ 한계 산소지수(LOI) 가 95%이상인 난연성
- ✓ 온도 저항성 우수: -196 °C ~ +260°C
- ✓ 전기적 특성 우수: 최소 유전율 및 손실율, 폭 넓은 주파수, 체적 및 저항률 최대치
- ✓ 내후성 및 미생물 분해 내성을 지니고 있어 효소와 미생물의 공격에도 불활성

종 류	용 점(°C)	연속사용온도(°C)
테프론PTFE (테트라플로로 에틸렌 수지)	327	260
테프론PFA (퍼플로로 알콕시 수지)	300-310	260
테프론FEP (불소화 에틸렌 프로필렌 수지)	250-270	200
테프론ETFE (에틸렌 테트라 플로로 에틸렌 수지)	270	160

Thmoplastic elastomer (TPE)

1) TPE 종류 및 특성

✓ 폴리올레핀계 TPE (TPE-O): PE·PP + EPDM, EPR

- 내열성 및 물, 아세톤, 산 등에 대해 내약품성, 전기절연성, 내후성 등이 우수
- 밀도가 낮아 적용 시 제품의 경량화가 가능

✓ 폴리에스터계 TPE (TPE-E): 폴리에스터-폴리에테르의 구조

- 내유성, 내약품, 내기후성, 내오존성, 내열성이 우수한 특성
- 탄성 회복력을 지니고 있고 기계적 강도가 뛰어나다.

✓ 폴리스티렌계 TPE (TPE-S): 폴리스티렌 + 폴리부타디엔, 폴리이소프렌, 폴리올레핀

- 유연성, 압축 영구 변형저감, 내열성, 내기후성, 기계적 물성 등이 우수
- 가격이 저렴

✓ PVC계 TPE: 특수한 가소제와 안정제를 첨가하는 방법등에 의해 개발

- 가격이 저렴하고 가공성이 양호하고 촉감이 우수

< TPE 종류 별 특성 비교 >

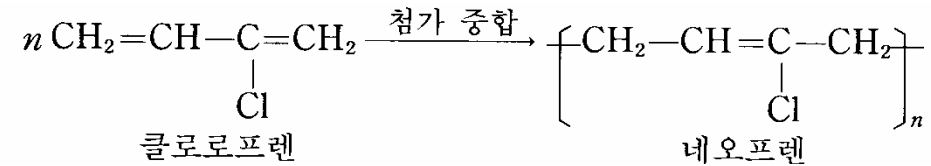
maerial(소재)	약호	VDE symbol	작업온도	유전율	체 적고유저 항 ($\Omega \times \text{cm}$)	인장력 (N/mm^2 :Mpa)	신장률 (%)	흡습률 (%)	기후 저항성	오일저항
Styrene triple block copolymer	TPE-S	-	-75~105/140	2.2~2.6	10^{16}	9~25	500~700	1~2	보통	좋음
Polyolefin elastomer	TPE-O	-	-40~120	2.7~3.6	10^{14}	6~25	≥ 400	1.5	매우 좋음	보통
Polyester elastomer	TPE-E	12Y	-70~125	3.7~5.1	10^{12}	3~25	280~650	0.3~0.6	매우 좋음	매우 좋음

< 전선 피복 소재별 특성 비교 >

	PVC	PTFE	PE	CR	SIR	TPE-U
유연성	매우 좋음	약함	약함	중음	매우 좋음	매우 좋음
마찰저항	중음	매우 좋음	약함	약함	약함	매우 좋음
오일저항	중음	매우 좋음	약함	중음	중음	매우 좋음
UV저항	보통	매우 좋음	중음	매우 좋음	중음	매우 좋음
난연성	매우 좋음	매우 좋음	약함	중음	중음	중음
가격(PVC)	1	40	1	8~10	10	8~10

Rubber

분자 구조



< 클로로프로펜 고무 >

1) Rubber의 종류 및 특성

✓ 천연고무

- 기계적 특성 우수: 내 마모성, 내 굴곡성이 매우 우수
- 내열성(상용온도: 60℃), 내 오존성이 나쁘다. 산성 및 오일류, 미생물 등에 대한 저항성이 낮다.

✓ 에틸렌 프로필렌 고무 (EPDM, EPM / Ethylene Propylene diene Methylene)

- 내 열성 및 내 한성(-55 ~ 140℃), 내 오존성, 내 기후성, 전기적 특성이 우수
- 내 유성이 나쁘다.

✓ 클로로프로펜 고무(CR. Polychloroprene Rubber)

- 내 유성, 난연성이 우수
- 내 열성, 내 기후성, 내 약품성, 내 오존성, 내 노화성 등이 우수

✓ 에틸렌 비닐아세테이트 공중합체(EVM. Ethylene Vinylacetate Copolymer. EVA)

- 내 열성, 내 후성, 내 오존성, 투명성, 유연성, 저온취성 등이 우수

4. 난연 재료와 Halogen-free 재료

1) 난연재료(Flame retardent material)

✓ 난연(Flame retardant)

“난연성”이란 화재 시 절연체 및 쉬스가 연소 되더라도 케이블이 화재를 파급 시키지 않는 특성

✓ 시험방법

IEC 또는 HD 405 및 DIN VDE 0472 part 804, 시험법 A, 시험법 B, 시험법 C

- 시험법 A - 단일 케이블 검사법 = IEC 60332-2
- 시험법 B - 단일 케이블 검사법 = IEC 60332-1
- 시험법 C - 다발 케이블 검사법 = IEC 60332-3 유형

2) Halogen-free 재료

✓ Halogen-free

멘델레프 주기율표상 제7주기 원소인 플루오르(F), 염소(Cl), 요오드(I), 브롬(Br) 등이 포함되지 않은 화합물을 의미한다.

✓ 시험방법

NES 713, IEC 60754-1(무독성 시험), 독성가스의 산성도(PH)와 전기전도도($\mu S/mm$)로서 독성의 정도를 확인하는 방법(IEC 60754-2, VDE 0472)



3. 국제적 케이블 동향

