

07

유체 라인과 피팅 Fluid Lines & Fittings

7.1 경성 유체 라인

7.2 연성 호스 유체 라인



유체 라인과 피팅 Fluid Lines & Fittings

항공기 유체 라인은 통상적으로 금속 튜브 또는 유연성 튜브(Flexible Tube)로 만들어진다. 경성유체 라인(Rigid Fluid Lines)이라고도 불리는 금속 튜브는 비교적 직선이 뺏어 나가는 것이 가능한 곳으로 움직임이 없는 곳에 사용한다. 금속 튜브는 연료, 오일, 냉매, 산소, 계기 및 유압 라인에 사용된다. 유연성 호스는 일반적으로 움직임이 있거나 무시할 수 없는 진동이 발생하는 곳에 사용한다.

때때로 손상된 항공기 유체 라인은 교환이나 수리가 필요하다. 빈번하게 발생하는 수리는 튜브의 교환을 통해 간단하게 해결할 수 있다. 그러나 만약에 튜브의 교환이 불가능할 경우 필요한 부품은 제조되어야 한다. 교환되는 튜브는 동일 사이즈, 원래의 튜브 재질과 동일한 재질이어야 한다. 압력이 가해지는 튜브는 초기 장착 전에 압력 테스트가 수행되어야 하고 정상 작동 압력의 2~3배에 견디도록 설계되어야 한다. 만약 튜브가 파열되거나 갈라졌다면(Crack) 이것은 과도한 진동, 부정확한 장착, 다른 물체와의 충돌·접촉 등에 의하여 발생한다. 모든 배관(Tubing)의 파손은 주의 깊게 검사해야 하고 파손의 원인을 찾아내야 한다.

7.1 경성 유체 라인(Rigid Fluid Lines)

7.1.1 배관의 재질(Tubing Materials)

(1) 구리(Copper)

항공산업 초기 구리 배관은 항공유 적용에 광범위하게 사용되었다. 현대 항공기에서는 알루미늄합금, 내식강 또는 티타늄 배관이 구리 배관을 대체하게 되었다.

(2) 알루미늄합금 배관(Aluminum Alloy Tubing)

1011H14(1/2-hard) 또는 3003H14(1/2-hard) 재질로 만든 배관은 계기 라인과 환기용 라인 같은 무시해도 좋은 압력이나 낮은 압력의 일반적인 목적으로 사용된다. 2024-T3, 5052-O 그리고 6061-T6 알루미늄 합금재질로 만들어진 배관은 1,000~1,500[psi]의 유압계통과 공압계통 그리고 연료계통과 오일 계통과 같은 저압과 중압의 일반적인 부분에 사용된다.

(3) 강철(Steel)

폴림 처리된 CRES 304, CRES 321 또는 CRES 304-1/8-hard의 내식강으로 만들어진 배관은 착륙장치, 플랩, 브레이크의 작동 위한 부분이나 화재 발생 가능한 지역과 같은 3,000[psi] 이상의 고압 유압계통에 널리 사용된다. 내식강의 높은 인장

강도는 튜브의 두께가 더욱 얇아지는 것을 허용하였고 결과적으로, 상대적으로 두꺼운 알루미늄 합금 튜브를 장착한 것보다 무겁지 않게 되었다. 강철 튜브는 외부물질에 의한 손상의 위험(FOD, Foreign Object Damage)이 있는 곳, 착륙장치와 바퀴실(Wheel Well) 부분에 사용된다. 비록 강제 배관을 위한 확인 표식은 다를지라도 각각의 표식에는 보통 제작사 이름이나 상표, SAE 번호(Society of Automotive Engineers Number) 그리고 금속의 물리적 조건을 포함한다.

(4) 티타늄(Titanium 2AL-2.5L)

티타늄 배관과 피팅(Fitting)은 운송용 항공기와 고성능 항공기 1,500[psi] 이상의 고압 계통에 이용되는 등 광범위하게 사용된다. 티타늄은 강관보다 50% 가벼우면서 강도는 30% 더 강하다. 티타늄 배관은 Cryofit 피팅과 Swaged 피팅을 함께 사용한다. 그러나 티타늄 배관은 산소계통의 튜브와 피팅에는 함께 사용하지 않는다. 티타늄과 티타늄합금은 산소와 반응한다. 만약 새로이 형성된 티타늄 표면 산소 가스에 노출되면 자연 연소가 저압에서 발생할 수 있다.

7.1.2 재료의 식별(Material Identification)

항공기 배관의 수리 전에는 튜브 재료의 정확하게 확인하는 것이 중요하다. 알루미늄 합금, 강철 또는 티타늄 배관은 일반적으로 사용되는 재료의 장소에 따라 쉽게 식별할 수 있다. 그러나 재료가 탄소강이나 스테인리스 강 또는 1100, 3003, 5052-O, 6061-T6이거나 2024-T3 알루미늄 합금인지를 판단하는 것은 어렵다. 기존에 장착된 튜브에 사용

된 재료의 정확한 확인을 위해 튜브에 기록된 코드와 교환 장착되는 튜브의 코드를 비교한다. 사이즈가 큰 알루미늄 합금 튜브의 표면에는 합금의 명칭을 스탬프 해 넣는다. 사이즈가 작은 알루미늄 튜브도 튜브 표면에 명칭을 스탬프 할 수 있지만, 좀 더 일반적으로 튜브의 양 끝단 또는 튜브의 중간 위치에 4[inch]의 폭을 넘지 않는 칼라코드로 표시된다. 두 가지 색으로 밴드가 구성이 되면 각각의 색깔을 표시하기 위해 밴드의 절반씩의 폭이 사용된다. 만약 칼라 코드가 읽기 어렵거나 불가능하다면, 그것은 경도시험을 통해 경도의 세기에 따라 재료의 테스트가 필요하게 된다.

[표 7-1] Painted color codes used to identify aluminum alloy tubing

Aluminium Alloy Number	Color of Band
1100	White
3003	Green
2014	Gray
2024	Red
5052	Purple
6053	Black
6061	Blue and Yellow
7075	Brown and Yellow

7.1.3 크기(Sizes)

금속 튜브의 크기는 바깥지름(Outside Diameter, o.d.)을 측정하며 1[inch]를 16등분한 분수로 표시한다. 따라서 No.6 배관은 6/16[inch] 또는 3/8[inch] 배관으로 구분 되고 No.8 튜브는 8/16[inch] 또는 1/2[inch]로 구분된다. 튜브의 직경은 모든 휘지 않는 유체 튜브(Rigid Tube) 위에



상징적으로 프린트된다. 다른 분류법을 추가 하거나 분류를 확인하기 위해서 다양한 튜브의 두께로 제작된다. 튜브를 장착할 때는 재질뿐만 아니라 바깥지름을 알고 튜브를 장착하는 것이 매우 중요하다. 튜브의 두께는 1/1000[inch]로 튜브 표면에 프린트된다. 튜브의 안지름(Inside Diameter, i.d.)을 알기 위해 바깥지름으로부터 벽두께의 두 배를 뺀다. 예를 들어 벽 두께가 0.063[inch]인 No.10 튜브는 $0.625 - 2 \times 0.063 = 0.499$ [inch]의 안지름을 갖는다.

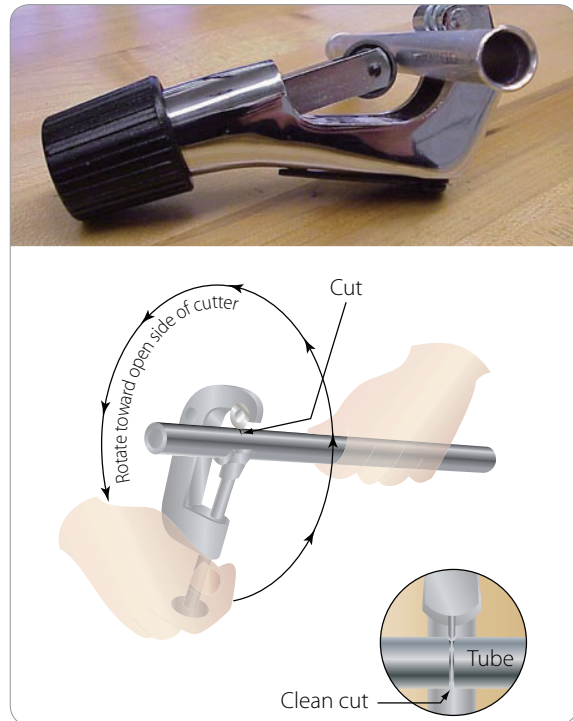
7.1.4 금속도관의 제작 (Fabrication of Metal Tube Lines)

손상된 배관이나 유체 도관은 가능할 때마다 새 파트로 교환 되어야 한다. 불행하게도 가끔 교환은 비실용적이고 수리가 필요할 때가 있다. 유체 도관의 외부 표면에 긁힘, 벗겨짐, 얇은 부식 등 무시해도 좋을 손상은 연마공구 또는 알루미늄 울(Wool)로 매끄럽게 가공할 수 있다. 이런 방법으로 수리할 수 있는 손상의 한계 ‘금속 튜브 라인의 수리’편에서 다루기로 한다. 유압 튜브 어셈블리가 교체될 때는 피팅은 재사용이 가능하고 수리는 튜브 성형과 교체만이 포함될 것이다.

튜브 성형은 절단(Cutting), 구부림(Bending), 플레어(Flaring) 및 텍 만들기(Beading) 등 4가지 절차로 구성된다. 만약 배관이 작고 연한 재료로 만들어졌다면 이 어셈블리는 장착되는 동안에 손으로 굽힘 가공하는 것으로 성형될 수 있다. 만약 튜브의 사이즈가 1/4 직경 이상이면 공구 없이 손으로 굽힘 가공하는 것은 불가능하다.

7.1.4.1 튜브 절단(Tube Cutting)

튜브를 절단할 때에는 이물감이 없이 직각으로 만들어 내는 것이 중요하다. 튜브의 절단은 튜브 전용 절단기를 활용하거나 쇠톱을 이용하려 자른다. 절단기는 구리, 알루미늄 또는 알루미늄합금과 같은 부드러운 금속튜브의 절단에 사용될 수 있다. 그림 7-1은 절단기의 올바른 사용법을 보여준다. 이물감 없이 절단되는 특수 절단기는 알루미늄 6061-T6, 내식강 또는 티타늄 튜브를 절단하는 데 사용할 수 있다.



[그림 7-1] Tube cutting

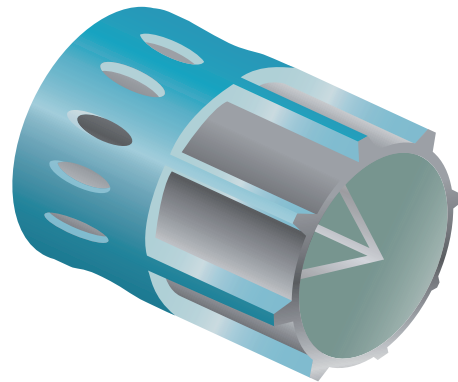
튜브를 절단할 때에는 굽힘 작업 시 발생하는 변위를 고려하여 교체하고자 하는 튜브보다 약 10% 더 길게 절단해야 한다. 튜브를 절단할 때에는 절단하고자 하는 지점에 커팅 휠로 돌려준다. 너무 센 압력으로 회전시키면 튜브가 변형되거나 많은 이물질이 발생

하는 원인이 된다. 튜브를 절단한 후 조심스럽게 튜브 안쪽과 바깥쪽에 발생한 이물질 등을 제거한다.

그림 7-2와 같은 이물질 제거 장치(De-burring Tool)를 활용하여 이물질을 제거할 수 있다. 이 이물질 제거 장치는 회전시키는 것만으로 안쪽과 바깥쪽 이물질을 제거할 수 있다.

이물질 제거 작업을 수행할 때 튜브 끝 부분 두께가 감소하거나 잔금이 발생하지 않도록 아주 조심스럽게 작업해야 한다. 이러한 작업으로 발생한 잔금과 같은 작은 결함 들은 밀폐되지 않는 불량 플레어를 만들거나 균열이 발생하는 플레어로 확대 될 수 있다. 부드럽고 직각을 절단면을 확보하기 위해서 이물질 제거장치는 고온 칼날을 사용한다. 만약 튜브 절단기를 이용할 수 없거나, 재질이 강한 튜브를 절단해야 한다면 칼날 대신에 1[inch]당 32개의 이를 갖고 있는 쇠톱을 활용하도록 한다. 쇠톱을 활용한 절단 작업은 튜브를 절단하는 동안에 발생하는 가공경화의 양을 줄일 수 있다. 쇠톱 작업 후 튜브 절단면의 직각 상태 유지와 부드럽게 가공하기 위해 모든 이물질을 제거하는 줄 작업을 수행한다.

작은 직경의 튜브를 절단할 때 쉽게 고정시키는 방법은 그것을 플레어링 공구(Combination Flaring Tool)에 튜브를 물리고 바이스로 고정시킨다. 플레



[그림 7-2] De-burring tool

어링 공구에서 약 1/2[inch] 떨어진 곳에서 절단한다. 이 절차는 톱질할 때 발생하는 진동을 최소화하고 톱질하는 동안 톱 손잡이로 튜브에 충격을 주어 발생하는 손상을 예방한다.

[표 7-2] Standard bend radii to which standard bending tools will form the various sizes of tubes

Type Bender	AB	AB	B	B	B	BC	B	BC	B	BC	C	BC	C
Tube od	1/8"	3/16"	1/4"	5/16"	3/8"	3/8"	7/16"	1/2"	1/2"	5/8"	5/8"	3/4"	3/4"
Standard Bend	3/8"	7/16"	9/16"	11/16"	11/16"	15/16"	13/8"	11/2"	11/4"	2"	11/2"	21/2"	13/4"
Type Bender	C	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Tube od	7/8"	1"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 3/8"	1 3/8"	1 1/2"	1 1/2"	1 3/4"	2"	2 1/2"	3"
Standard Bend	2"	3 1/2"	3"	3 1/2"	3 3/4"	5"	6"	5"	6"	7"	8"	10"	12"

A-Hand B-Portable hand benders C-Production bender



[그림 7-3] Tube bending

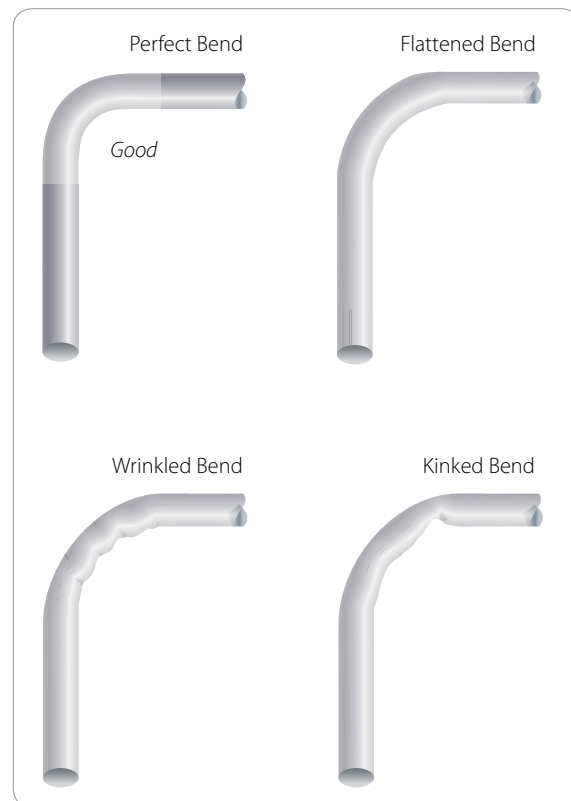
7.1.4.2 튜브 굽힘 작업(Tube Bending)

튜브 굽힘 작업의 목표는 납작하게 만들어지는 실수가 없이 부드러운 굴곡을 유지하며 굽힘 가공하는 것이다. 튜브 직경이 1/4[inch] 미만인 튜브는 굽힘 공구(Bending Tool)를 사용하지 않고 굽힘 가공을 할 수 있다. 더 큰 직경의 튜브를 굽힘 가공할 때에는 일반적으로 휴대용 굽힘 공구 또는 양산용 굽힘 공구를 사용한다. 표 7-2는 튜브 직경에 따른 튜브 굽힘 가공을 위한 표준 굽힘 반지름과 굽힘 공구의 종류를 보여준다.

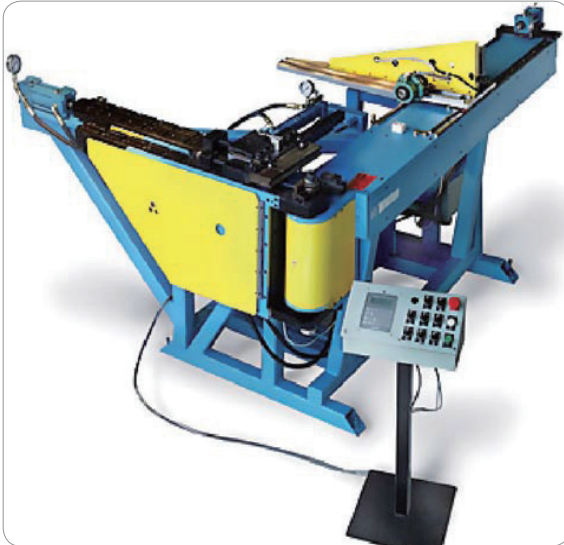
그림 7-3과 같이 수동 굽힘 공구(Hand Bender)를 사용할 때에는 굽힘 공구의 홈(Groove)에 튜브를 올려두고 작업을 위한 끝 부분에 폼 블록의 왼쪽 부분을 위치시킨다. 두 개의 영(0)을 일직선으로 맞추고 핸들의 L에 배관에 표시된 선에 일직선으로 맞춘다. 만약 측정된 끝 부분이 오른쪽에 있다면 그때에는 폼 핸들에 있는 R로 배관의 표시에 일직선으로 맞춘다. 정상적인 움직임으로 폼 핸들을 폼 핸들에 표시된 영 표시가 반지름 블록 위에 있는 굽힘 가공을 원하는 각도까지 잡아당긴다.

굽힘 가공을 할 때에는 튜브가 납작하게 되거나 비틀림 또는 주름이 잡히는 것을 피하기 위해 조심스럽게 구부린다. 굽힘 작업 시 경미하게 납작해지는

것은 허용되지만, 납작해진 부분이 본래의 바깥지름의 75%보다 작아서는 안 된다. 튜브가 납작하게 변형되고 비틀리고 주름진 상태로 장착되어서는 안 된다. 주름진 굽힘 가공은 얇은 두께의 튜브를 굽힘 가공 공구 없이 굽힘 가공을 시도할 때 발생한다. 과도



[그림 7-4] Correct and incorrect tubing bends



[그림 7-5] CNC tube bending machine

하게 납작하게 굽힘 가공된 튜브는 피로 파괴의 원인이 될 수 있다. 그림 7-4는 가공된 튜브와 부정확하게 가공된 튜브들을 보여준다.

그림 7-5와 같은 튜브의 모든 타입을 위한 튜브 굽힘 기계(Tube Bending Machines)는 일반적으로 대단위 정비 솥이나 정비공장에서 사용된다. 이러한 장비로 직경이 큰 튜브의 적절한 굽힘 가공과 단단한 재료를 사용한 튜브의 가공이 가능하다. CNC 튜브 굽힘 기계는 이러한 기계장치 중 한 가지이다. 원래의 생산용 튜브 벤더는 $\frac{1}{4} \sim 1\frac{1}{2}$ [inch] 외경의 튜브를 가공할 수 있다. 더 큰 사이즈의 굽힘 가공 기계장치도 사용 가능하고 사용방법은 핸드 벤더와 비슷하다. 반지름 블록(Radius Block)은 굴곡의 반지름이 튜브 직경이 바뀔 때마다 선택해서 조립한다. 굴곡 반지름은 보통 반지름 블록에 새겨 넣는다.

(1) Alternative Bending Methods

핸드 벤더 또는 산업용 튜브 벤더가 특별한 굽힘

가공 작업에 이용할 수 없거나 또는 적당하지 않을 때 금속 화합의 건조 모래 충전제가 원활한 굽힘 가공을 위해 사용된다. 이 방법을 사용할 때 튜브의 절단은 좀 더 여유 길이를 확보해서 절단하는 것이 필요하다. 여유 길이는 양쪽 끝에 나무로 만들어진 플러그를 삽입하기 위한 것이다. 튜브는 끝 부분을 납작하게 마무리 가공하거나 금속 디스크로 용접 방법으로 막을 수 있다. 한 쪽 끝을 막은 후 굽고 건조한 모래로 튜브를 채운 후 단단히 플러그로 막는다. 양쪽 끝의 플러그는 굽힘이 만들어졌을 때 바깥으로 밀려나지 않도록 튼튼하게 채워져야 한다. 양쪽 끝을 막은 후 명시된 반경으로 모양을 갖추기 위해 성형 블록 위에서 배관을 구부린다. 충전제 방법의 수정 방법에서 가용합금이 모래 대신에 사용된다. 이 방법에서 160°F에서 녹인 가용합금을 온수 속에서 부어 넣는다. 충전된 튜브는 냉각되도록 물에서 꺼내고 포밍 블록 주변을 손으로 구부리거나 튜브 벤더로 구부린다. 굽힘 가공을 마치면 다시 뜨거운 물속에서 충전물이 녹도록 만든 후 튜브로부터 제거한다. 어떤 방법을 사용하든지 내부의 충전물은 모든 입자가 제거되었는지 확인한다. 튜브가 장착될 때는 계통 내부로 이물질의 유입을 차단하기 위해서 보아스코프 장비(Borescope)를 활용한 육안 검사를 실시하여야 한다. 가용합금 충전제는 오염원으로부터 차단해서 보관하도록 한다. 가용합금 충전제는 필요할 때 언제든지 다시 녹여 재사용이 가능하다. 튜브의 내부에서 충전제가 녹았다가 달라붙는 현상을 방지하기 위해서 앞에서 설명된 방법을 제외하고 다른 방법으로 절대 열을 가하지 말아야 한다.

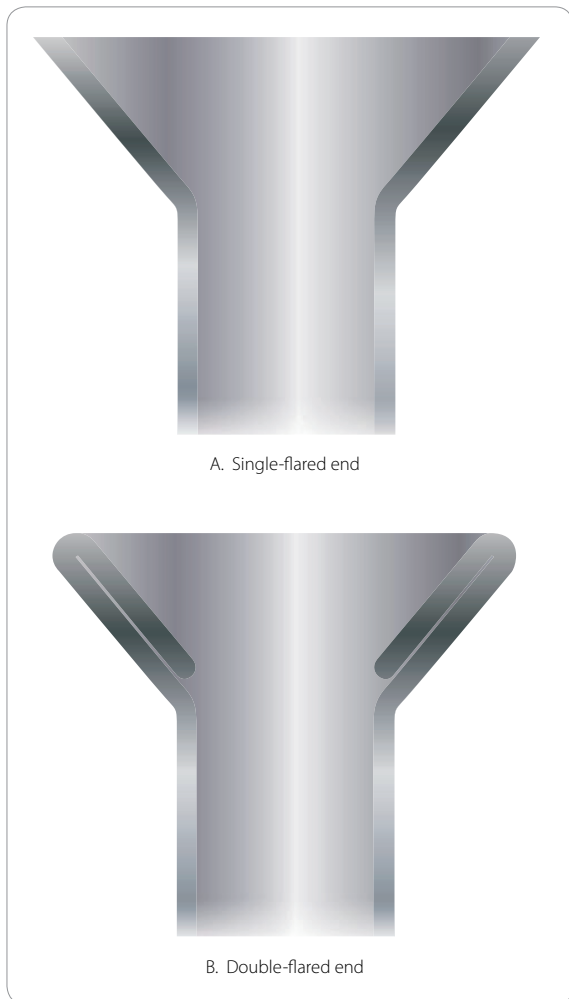


7.1.4.3 튜브 플레어링(Tube Flaring)

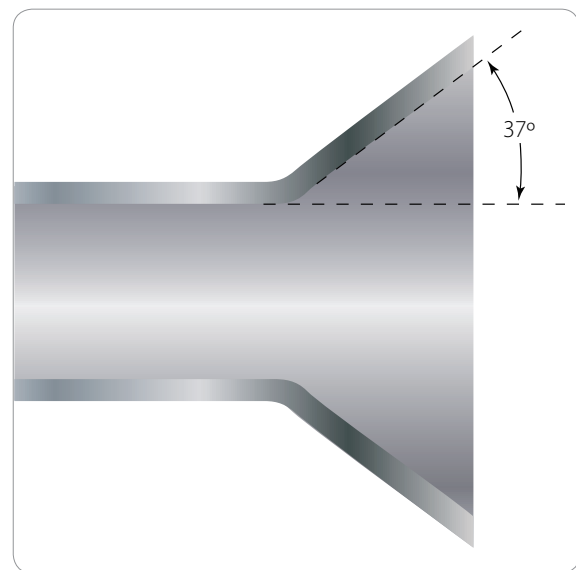
그림 7-6과 같이 싱글 플레어(Single Flare), 더블 플레어(Double Flare) 두 가지 종류의 Flare가 항공기용 배관에 일반적으로 사용된다. 이 플레어들은 빈번하게 고압의 압력을 받게 된다. 따라서 튜브에 만들어진 플레어는 적절한 형태로 제작되어야 하고 그렇지 못할 경우에는 플레어가 망가지거나 압력의 누설이 발생한다. 플레어를 너무 작게 만들면 누설이 발생하거나 분해될 위험이 있으며, 너무 크게

만들 경우 피팅의 스크루가 적당히 맞물리지 못해 누설이 발생하는 원인을 제공한다. 비뚤어진 플레어는 절단할 때 직각을 이루지 못한 상태에서 제작할 경우 발생한다. 이처럼 플레어가 정상적으로 만들어지지 않을 경우 추가적인 토크를 준다고 해서 문제가 해결되지 않는다. 튜브와 플레어는 균열, 움푹 패임, 굽힘 등 결점이 없어야 한다.

그림 7-7과 같이 항공기 배관에 사용되는 플레어 공구는 35° ~ 37° 의 플레어를 만들어내기 위한 암수 판형을 갖고 있다. 45° 의 플레어를 만들기 위해서 자동형 플레어 공구의 사용은 허락되지 않는다.



[그림7-6] Cutaway view of single and double-flared tube ends



[그림7-7] Flaring tool

그림 7-8과 유사한 수동형 싱글 플레어 공구는 튜브 플레어 가공에 사용된다. 수동형 플레어 공구는 플레어링 블록, 그립, 요크 그리고 플레어링 핀으로 구성된다. 플레어링 블록은 튜브의 여러 가지의 크기에 딱 맞는 구멍으로 구성된 두 개의 막대가 힌지로 물려있다. 플레어링 블록의 구멍들은 튜브에 만

들어지는 플레어의 바깥 면과 맞물리는 끝부분이 카운터싱크(Countersunk) 처리가 되어있다. 요크는 튜브의 플레어를 만드는 끝 부분을 덮는 플레어링 핀의 중앙부 역할을 한다. 충격식(Impact Type)과 압착식(Rolling Type) 두 종류의 플레어 공구가 튜브 위에 플레어를 만들어 주는 데 사용된다.



[그림 7-8] Hand flaring tool(single flare)

(1) 압착식 플레어 공구의 사용법

(Instruction for Rolling-Type Flaring Tools)

압착식 플레어 공구는 황동, 알루미늄 그리고 연한 구리 재질 튜브의 플레어링 제작에 한해 사용하며 티타늄이나 내식강 튜브에는 사용하면 안 된다. 튜브를 절단할 때는 직각으로 절단하고 거칠거칠한 잔류물은 제거하도록 한다. 튜브 위에 피팅 너트와 슬리브를 살짝 들어가게 한다. 다이 홀더(Die Holder) 안에 슬라이딩 부분품을 고정시키기 위해 사용되는 클램핑 스크루(Clamping Screw)를 풀어준다. 스크루를 풀어주면 다이 홀더와 슬라이딩 부분품들이 느슨해진다. 튜브가 다이 블록 윗면에 평평하게 맞물리게 되면 적절한 크기의 플레어가 만들어진다. 플레어를 만들 튜브의 사이즈에 맞는 다이

블록의 부품 사이에 튜브를 끼워 넣는다. 클램프 스크루를 진행방향으로 단단히 조인다. 요크를 다이 홀더 윗부분에 밀착시킨 후 아래 방향으로 감아 눌러주고 약간의 저항감이 느껴질 때까지 계속해서 스크루를 누른다. 저항감이 느껴질 때가 정확한 플레어 작업이 마무리된다. 다양한 종류의 압착식 플레어 공구가 사용되고 있으며 종류별로 사용 방법의 차이가 있기 때문에 공구 사용 전에는 언제든지 사용법을 읽도록 한다.

(2) 이중 플레어링(Double Flaring)

이중 플레어링은 3/8[inch] 이하의 연질 알루미늄 합금 튜브에 사용된다. 이중 플레어링은 작동 압력조건에서 플레어의 손상과 균열을 방지하기 위해 사용된다. 이중 플레어는 싱글 플레어보다 더 매끄럽고 밀폐 효과가 우수하며 토크의 전단효과에 더 잘 견딘다.

(3) 이중 플레어 제작 절차

(Double Flaring Instructions)

그림 7-9와 같이 플레어가 만들어지는 튜브의 안쪽과 바깥쪽 모두 거칠게 남은 잔류물들을 제거한다. 튜브에 손상이 발생되었다면 그 부분을 절단한다. 연한 붉은 빛이 띄게 열을 받은 황동, 구리 그리고 알루미늄 합금은 풀림 처리하고 찬 물에 냉각시킨다. 두 개의 클램프 스크루를 풀어 플레어링 공구를 열어준다. 튜브의 직경에 맞는 플레어 홀을 선택하고 튜브를 준비한다. 어댑터 인서트의 돌출 부분의 두께와 같은 높이만큼 플레어 바(Flare Bar) 위로 튀어나오게 자리 잡는다. 안전하게 튜브를 잡아주기 위해 정확한 크기의 어댑터 파일롯(Pilot)을 넣어준다. 플레어 바 위에 요크를 미끄러져 들어가게



[그림 7-9] Double flare tool

하고 어댑터 위에 중심을 위치시킨다. 어댑터 인서트(die)의 돌출 부분이 플레어 바에 닿을 때까지 아래 쪽 방향으로 요크의 콘을 전진 시킨다. 이때 튜브의 끝 부분이 종 모양으로 벌어진다. 그다음 어댑터를 빼낼 수 있을 만큼 요크의 콘을 풀어주고 어댑터를 제거한 후, 종 모양으로 벌어진 튜브의 끝 부분에 요크의 콘을 똑바로 전진시킨다. 이때 튜브의 찢어짐이나 균열 없이 정확한 이중 플레어가 형성된다.

7.1.4.4 피팅(Fitting)

휘어지지 않는 단단한 유형의 튜브는 브레이크 실린더와 같이 구성품과 직접 연결되거나 또 다른 단단한 유형의 튜브나 움직임이 가능한 호스와 연결된다. 구성품 또는 다른 튜브와 연결될 경우 피팅은 패어링이 요구되기도 하고 요구되지 않기도 한다. 튜브가 호스에 장착될 경우 튜브에 호스를 고정시킬 수 있도록 하기 위해서 단단한 유형의 튜브 끝 부분에 돌출부를 필요로 한다.

(1) 플레어레스 피팅(Flareless Fittings)

플레어레스 피팅의 사용은 튜브 플레어링을 제거

시키지만 새로운 플레어레스 튜브의 장착 이전에 프리세팅(Presetting)이라고 언급된 절차가 필요하다. 플레어레스 튜브 어셈블리는 장착 절차 전에 정확한 크기의 프리셋 공구에 의한 프리세팅을 실시하여야 한다. 그림 7-10은 프리셋 절차를 설명한다.

Step1은 완전히 정확한 길이로 튜브를 절단하고 직각으로 끝마무리를 하고 튜브의 안쪽과 바깥쪽에 형성된 거칠거칠하게 남은 잔류물들을 제거한다. 튜브에 너트를 넣고 그 위에 슬리브를 미끄러져 들어가게 한 후 유압유로 피팅과 너트의 나사산을 윤활 시켜준다.

Step2는 피팅을 바이스에 단단히 고정시킨 후 피팅 안에 튜브를 직각으로 고정시킨다. 튜브는 피팅의 밑 부분에 닿도록 한다. 튜브 슬리브 그립의 끝 부분이 절단 될 때까지 너트를 조인다. 절단되는 때를 결정하기 위해 너트를 조이는 동안 튜브를 전후 방향으로 조금씩 돌려준다. 튜브가 더 이상 돌아가지 않을 때 너트 조임의 준비상태가 된다. Step3 최종 조임은 튜브 종류와 크기에 따라 알루미늄 합금 튜브의 외경 1/2[inch]까지는 1~1½ 바퀴를 조인다. 또한 철재 튜브와 알루미늄 합금 튜브의 외경이

1/2[inch]를 넘는 튜브는 $1\frac{1}{8}\sim 1\frac{1}{2}$ 바퀴를 조인다.

그림 7-10의 Step 3는 슬리브를 프리세팅 한 후 피팅으로부터 배관을 분리하고 다음과 같은 내용을 점검한다.

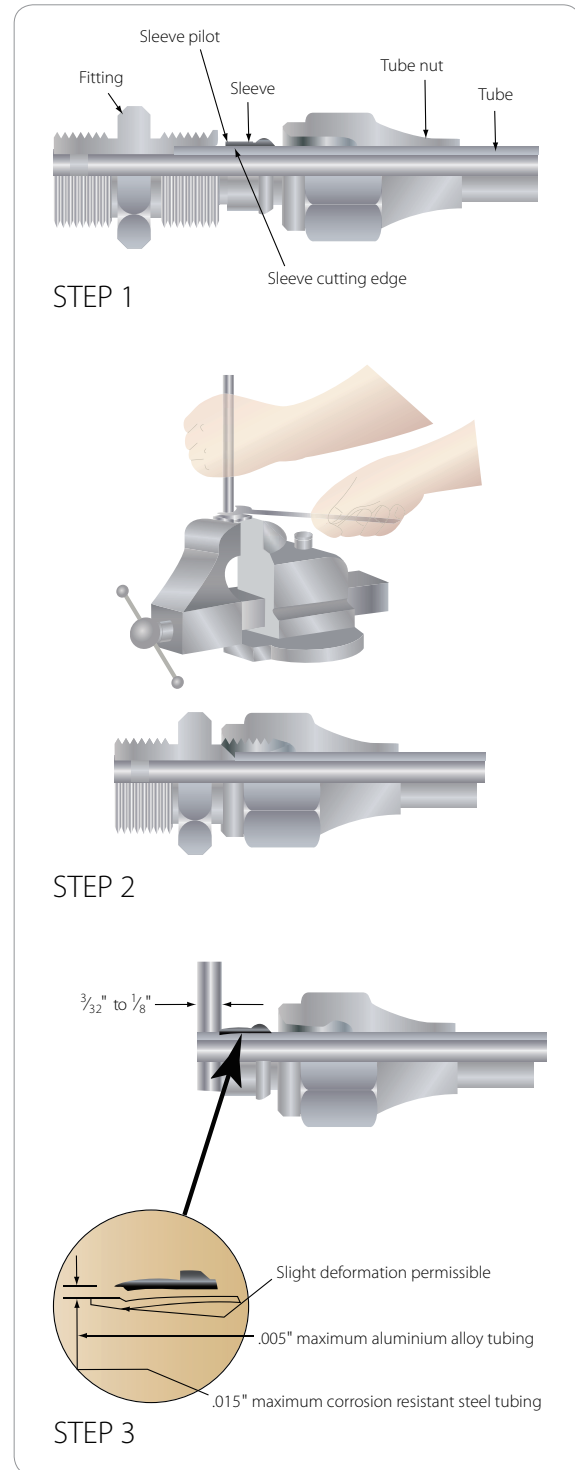
튜브는 슬리브 파이롯을 지나 3/32~1/8[inch] 연장되어야 하고 그렇지 않으면 분출현상이 발생한다. 슬리브 파이롯은 튜브에 접촉되거나 알루미늄 합금 튜브의 경우 최대 0.005[inch], 철재 튜브의 경우 최대 0.015[inch]의 여유 공간이 허락된다. 슬리브 절단면에서 튜브의 약간의 뭉개짐은 허용된다. 회전을 제외한 슬리브 파이롯의 움직임은 허용되지 않는다.

7.1.4.5 비딩(Beading)

그림 7-11과 같이 튜브는 수동 비딩 공구, 기계식 비딩 롤러 또는 그립 다이(Grip dies)에 의해 비드가 만들어진다. 비딩 방법은 튜브의 제질, 튜브의 두께 그리고 직경에 의해 결정된다. 수동 비딩 공구는 1/4~1[inch] 외경의 튜브에 사용된다. 비드는 장착된 롤러와 비더 프레임(Beader Frame)에 의해 형성된다. 비드를 만드는 동안 롤러 사이의 마찰을 줄이기 위해서 튜브 내부와 외부에 오일로 윤활한다. 크기는 롤러로 비드를 만들기 위한 튜브의 외경에 대한 것으로 롤러에 1/16[inch] 단위로 표시된다.

분리되는 롤러는 안쪽 면이 각 튜브 크기에 적절하게 맞아야 하며 정확한 크기의 부품들을 선택하여야만 한다. 수동 비딩 공구 사용 시 튜브 주위를 비딩 공구가 회전하는 동안 롤러가 컷터처럼 조금씩 안쪽으로 조여들어간다. 추가적으로 작은 바이스는 키트로 구성된다.

다양한 비딩 공구와 기계장치가 사용되기도 하지





[그림 7-11] Hand-beading tool

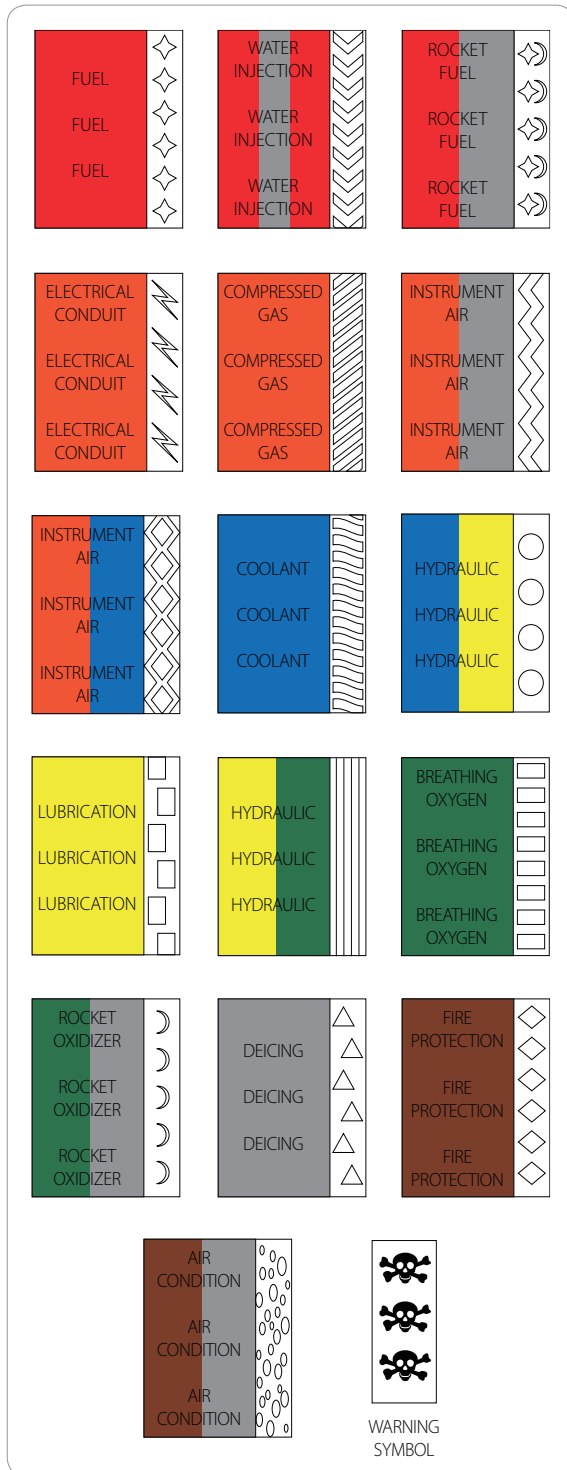
만 수동 비딩 공구가 빈번하게 사용된다. 대체로 비딩 기계장치는 특별한 롤러가 제공되지 않는 한 1 15/16[inch]이상의 큰 직경의 튜브 비딩에 사용되며 그립-다이(Grip-Die) 방법은 작은 직경의 튜브에 제한적으로 사용된다.

7.1.5 유체 라인의 식별(Fluid Line Identification)

항공기에 사용되는 각각의 유체 라인은 칼라 코드, 단어 그리고 기하학적인 모양의 부호로 구성된 표식에 의해서 식별할 수 있다. 이 표지는 각각의 유체 라인의 기능, 내용물 그리고 주요한 위험 요소를

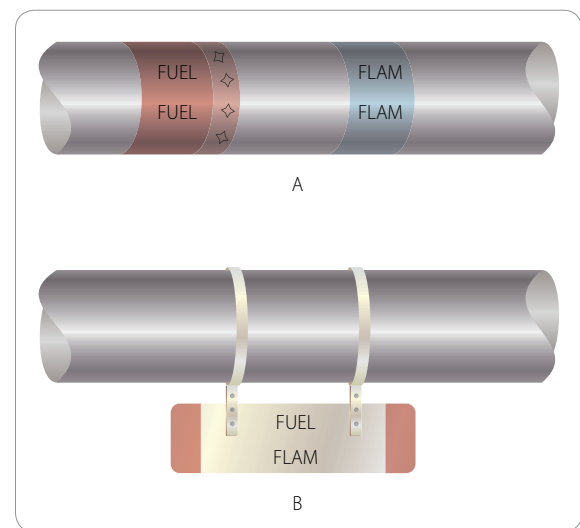
표현해 준다. 그림 7-12는 튜브 내부의 유체의 종류와 그 계통의 종류를 구분하기 위해 사용되는 심벌과 칼라 코드이다.

그림 7-13(A)처럼 유체 라인은 대부분의 경우 1[inch] 테이프 또는 데칼로 주기된다. 직경이 4[inch] 또는 그보다 큰 튜브, 기름에 노출되는 튜브, 뜨거운 튜브 또는 차가운 튜브는 그림 7-13(B)와 같이 데칼이나 테이프를 붙일 장소에 철제 태그를 붙여주기도 한다. 엔진 흡입구 쪽으로 빨려 들어 갈 수 있는 공간에 위치한 튜브에는 데칼이나 테이프 대신에 페인트를 사용하기도 한다. 그림 7-13과 같이 위에 언급한 표시에 추가하여 계통 내의 특



[그림 7-12] Identification of aircraft fluid lines

별한 기능을 표현하기 위해서 사용되기도 한다. 예를 들면 드레인, 벤트, 압력 또는 리턴 등이 해당한다. 연료를 공급하는 튜브에는 FLAM, 유독물질을 포함하는 튜브에는 TOXIC, 산소, 질소 또는 프레온과 같은 물리적으로 위험한 물질을 포함 할 경우 PHDAN으로 표시한다.



[그림 7-13] Fluid line identification using

항공기 제작사, 엔진 제작사는 유체 라인의 식별을 위한 표식의 최초 장착에 대한 책임이 있지만 항공정비사는 그 표식을 유지 관리할 책임이 있다. 일반적으로 테이프와 데칼은 튜브의 양쪽 끝에 배치하고 적어도 튜브가 지나가는 각각의 격실에 하나씩 배치시킨다. 또한 테이프나 데칼은 각각의 밸브, 조절기, 여과기 또는 튜브 라인 내의 액세서리에서 가까운 곳에 배치시킨다. 페인트나 태그가 사용되는 장소에는 테이프나 데칼의 요구조건이 동일하게 적용된다.



7.1.6 유체 라인 끝 부분의 피팅 (Fluid Line End Fittings)

피팅은 종류와 용도에 따라서 파이프 나사산 또는 기계 나사산 급 중 하나를 갖게 될 것이다. 파이프 나사산 규격은 통상적으로 배관에 사용되는 것과 같이 내측과 외측 모두 점점 가늘어지는 테이퍼를 갖는다. 외부 나사산은 숫나사산으로 부르고 내부 나사산은 암나사산이라 부른다. 2개의 피팅이 숫나사산과 암나사산이 결합될 때 나사산의 테이퍼가 밀폐 기능을 갖는다. 파이프 나사산의 일부는 고압의 누수를 막거나 늘어붙는 것을 방지하기 위한 특화된 윤활제를 적용하는 것이 허용된다. 나사산에 윤활제를 적용할 때 윤활제가 계통 내로 유입되거나 그 계통을 오염시키지 않아야 한다. 산소계통의 튜브에는 특별하게 지정된 윤활제를 제외하고는 일반적으로 윤활제 적용을 삼가야 한다. 산소는 석유제품과 반응할 수 있고 발화할 수 있다.

기계 나사산 급은 거친 나사산 급으로 일반적인 너트와 볼트에 사용되는 것과 비슷하게 밀폐 기능을 가지고 있지 않다. 기계 나사산 급의 피팅은 벌크헤드를 지나 연결하기 위한 경우에만 사용하며 계통의 유체가 새어나오지 않도록 하기 위해 플레어 된 튜브, 변형 가능한 와셔 그리고 인조 실(Synthetic Seal)의 사용이 동반된다. 이 피팅의 크기는 1/16[inch] 단위로 튜브 바깥지름과 같은 데시 넘버(Dash-Number)로 표시된다.

7.1.7 벌크헤드 피팅(Universal Bulkhead Fittings)

유체 라인이 벌크헤드를 관통 할 때 벌크헤드에서

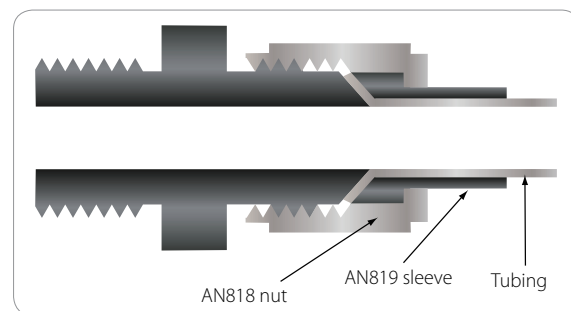
그 관의 안전이 요구되며 이를 위해 피팅이 사용된다. 벌크헤드를 관통하는 튜브 피팅의 끝은 다른 튜브의 피팅의 끝 부분보다 길어야 하며 벌크헤드에서 피팅의 안전을 확보하기 위해서 락커너트가 사용되는 것이 허용된다. 피팅은 다른 튜브에 장착되거나 계통 구성품에 장착된다.

피팅은 비드와 클램프, 플레어 피팅, 플레어리스 피팅 그리고 영구용 피팅과 같은 네 가지 종류로 구분 짓는다. 계통 내 사용되는 압력의 양과 물질의 종류가 커넥터를 선택하는 결정요소로 작용한다.

비드 타입 피팅은 비드와 호스 클램프가 요구되며 냉각유 계통, 진공 계통 저압 또는 중압 계통에만 사용한다. 플레어 피팅, 플레어리스 피팅 및 영구용 피팅은 압력에 관계없이 모든 계통에서 커넥터로 사용된다.

7.1.7.1 AN 규격 플레어 피팅(AN Flared Fittings)

그림 7-14처럼 플레어 튜브 피팅은 슬리브와 너트로 이루어진다. 피팅이 조여졌을 때 너트는 슬리브 위쪽에 고정되고 기밀 형성을 위해 수나사 피팅과 슬리브, 수나사 피팅을 맞닿는 방향으로 잡아당긴다. 수나사 피팅은 플레어의 안쪽 면과 같은 각도의 원추형 표면을 갖는다. 슬리브는 튜브를 지지해



[그림 7-14] Flared tube fitting

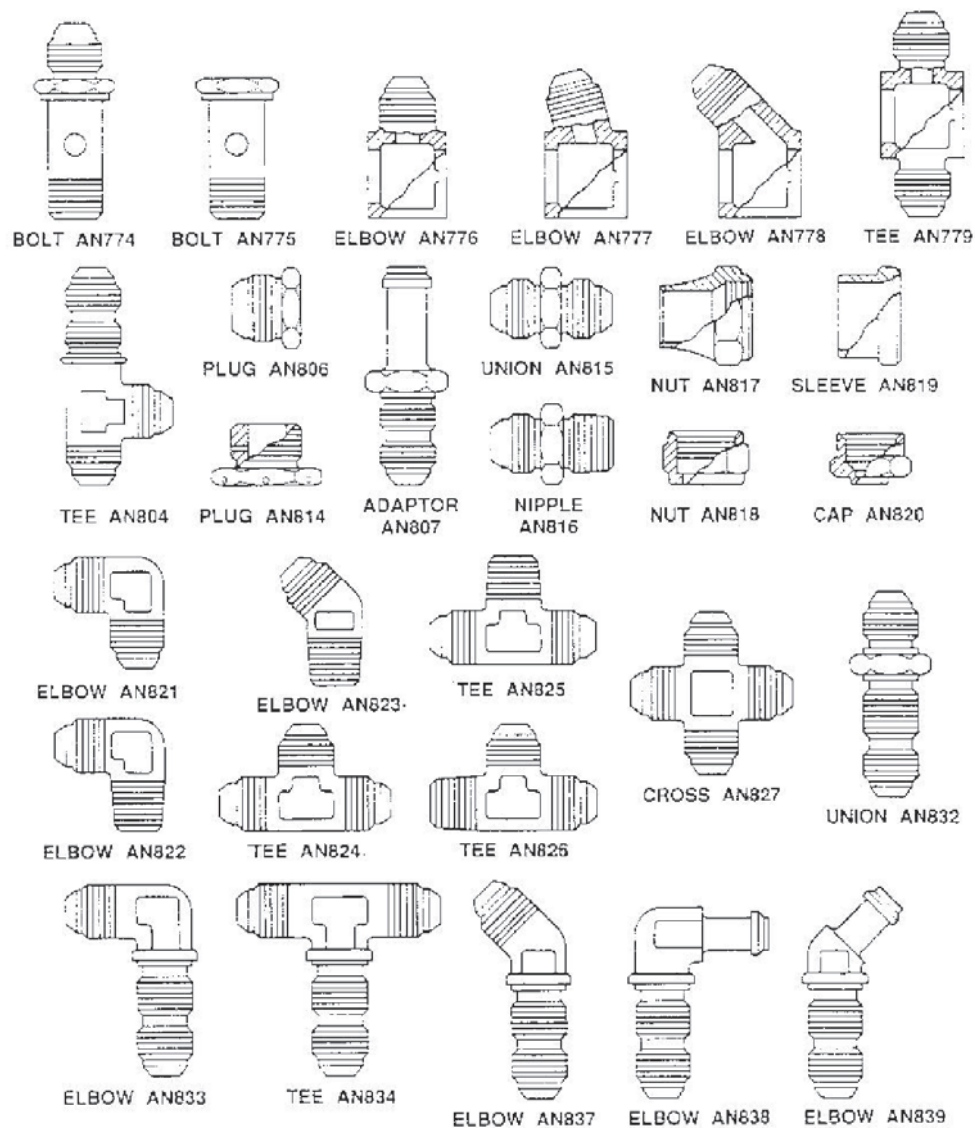
— AN744 to AN932 —

Material:

Aluminum alloy (code D)
 Steel (code, absence of letter)
 Brass (code B)
 Aluminum bronze (code Z - for AN819 sleeve)

Size:

The dash number following the AN number indicates the size of the tubing (or hose) for which the fitting is made, in 16ths of an inch. This size measures the od of tubing and the id of hose. Fittings having pipe threads are coded by a dash number, indicating the pipe size in 8ths of an inch. The material code letter, as noted above, follows the dash number.



[그림 7-15] AN standard fittings



[표 7-3] Flared Fitting Data

Tubing o.d. (inches)	Fitting Bolt or Nut Size	Aluminium Alloy Tubing, Bolt, Fitting, or Nut Torque (in-lb)	Steel Tubing, Bolt Fitting, or Nut Torque (in-lb)	Hose End Fittings and Hose Assemblies		Minimum bend radii (inches)	
				MS28740 or Equivalent End Fitting		Alum. alloy 1100-H14 5052-0	Steel
				Minimum	Maximum		
1 $\frac{1}{8}$	-2	20-30				$\frac{3}{8}$	
$\frac{3}{16}$	-3	30-40	90-100	70	120	$\frac{7}{16}$	$2\frac{1}{32}$
$\frac{1}{4}$	-4	40-65	135-150	100	250	$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$
$\frac{5}{16}$	-5	60-85	180-200	210	420	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{8}$
$\frac{3}{8}$	-6	75-125	270-300	300	480	$1\frac{5}{16}$	$1\frac{5}{16}$
$\frac{1}{2}$	-8	150-250	450-500	500	850	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{4}$
$\frac{5}{8}$	-10	200-350	650-700	700	1,150	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{3}{16}$
$\frac{3}{4}$	-12	300-500	900-1,000			$1\frac{3}{4}$	$2\frac{5}{8}$
$\frac{7}{8}$	-14	500-600	1,000-1,100				
1	-16	500-700	1,200-1,400			3	$3\frac{1}{2}$
$1\frac{1}{4}$	-20	600-900	1,200-1,400			$3\frac{3}{4}$	$4\frac{3}{8}$
$1\frac{1}{2}$	-24	600-900	1,500-1,800			5	$5\frac{1}{4}$
$1\frac{3}{4}$	-28	850-1,050				7	$6\frac{1}{8}$
2	-32	950-1,150				8	7

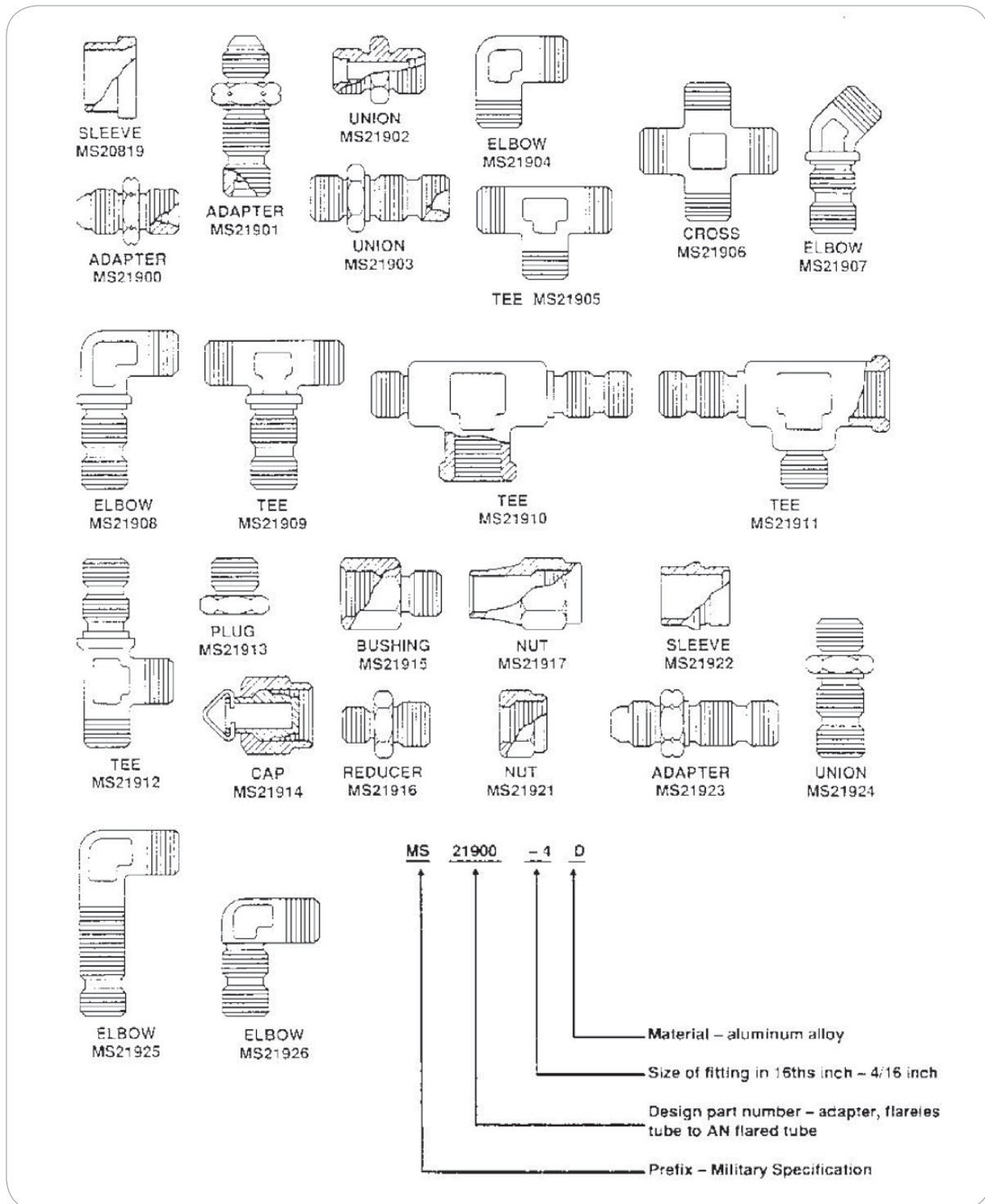
서 진동이 플레어 끝 부분에 집중되지 않도록 하고, 가해지는 강도를 더 넓은 지역에 걸쳐 전단작용을 분산시키도록 튜브를 지지한다.

서로 다른 합금으로 조립된 피팅의 조합은 이중금속 간 부식을 방지하기 위해 가능하면 피해야 한다. 모든 피팅의 결합은 피팅을 장착하는 동안에 조여줄 때 조립, 얼라인 그리고 적절한 윤활제 적용 등을 확실하게 하여야 한다. 규격 AN 피팅은 검정 또는 파랑색으로 식별된다. 모든 AN 철제 피팅은 검정으로 착색되고 모든 알루미늄 피팅은 파랑색으로 착색되고 알루미늄 청동 피팅은 카드뮴 도금이 되고 보기에 자연스럽다. 그림 7-15는 AN 피팅 샘플을 보여

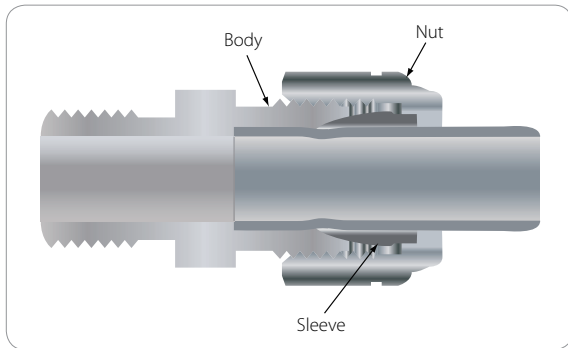
준다. 표 7-3은 피팅의 크기, 토크 값 그리고 굽힘 반지름 등의 추가적인 정보를 나타낸다.

7.1.8 MS 플레어레스 피팅(MS Flareless Fittings)

MS 플레어레스 피팅은 심한 진동과 움직임이 강한 압력을 받는 3000[psi] 고압 유압계통에 사용하도록 디자인되었다. 그림 7-16과 같이 모든 플레어링을 제거한 플레어레스 피팅을 사용하는 것은 강하고 안전을 제공할 뿐 아니라 신뢰할 수 있는 튜브의 연결을 확보한다. 그림 7-17과 같이 피팅은 바디, 슬리브, 너트 등 세 가지 부품으로 구성되어 있다.



[그림 7-16] Typical MS flareless tube fittings



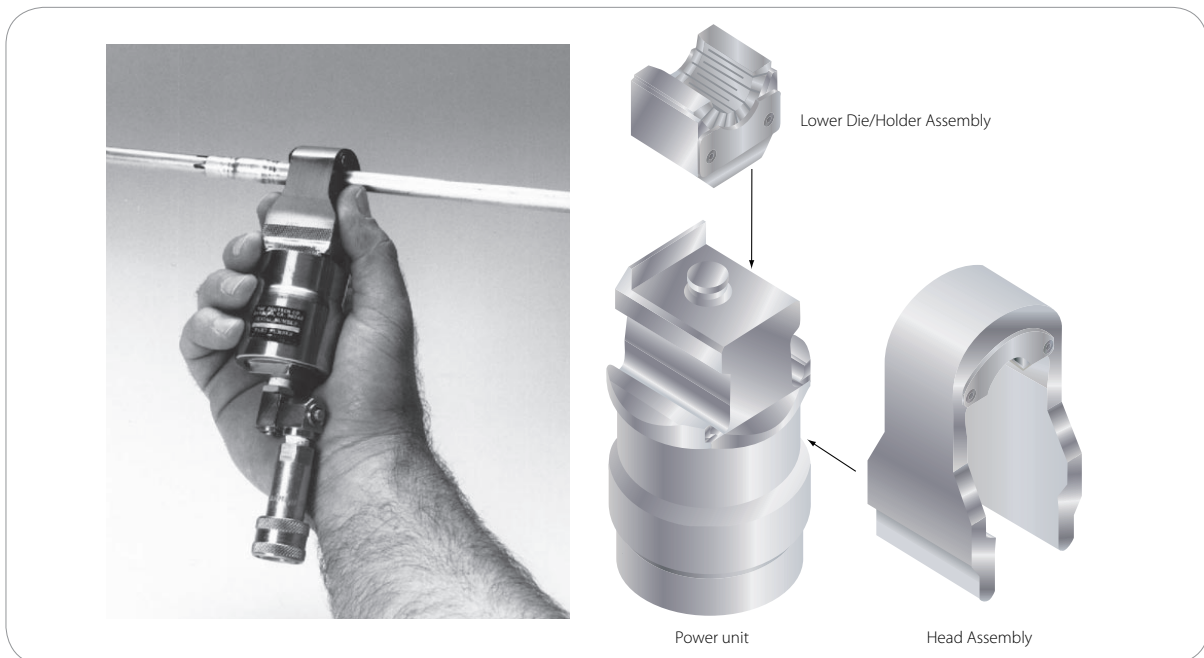
[그림 7-17] Flareless fitting

바디와 너트가 연결 되었을 때 튜브의 외벽에서 슬리브가 절단되는 원인을 제공한다. 바디 안에 있는 카운터보어 쇼울더(Counter Bore-Shoulder)는 알루미늄 피팅은 45°, 강철 커넥터는 15°의 반대방향의 각도로 설계되었다. 이 반대 방향의 각도는 튜브가 조여졌을 때 튜브의 안쪽 방향으로 찌그러지는 것을 방지하고 바디 카운터보어(Body Counterbore)의

외피에 대하여 부분적인 기밀을 제공한다.

(1) 스웨이지 피팅(Swaged Fittings)

운송급 항공기의 유압 튜브의 연결과 수리를 위한 일반적인 복구 계통은 퍼마스웨이지 피팅을 사용한다. 스웨이지 된 피팅은 실질적으로 정비가 필요 없이 영구적인 연결을 제공한다. 스웨이지 피팅은 빈번하게 분리되지 않는 유압 계통의 튜브에 일반적으로 사용되며 티타늄이나 내식강 재질로 만들어진다. 그림 7-18처럼 좁은 공간에서도 사용 가능하도록 작은 크기로 만들어졌으며 이동용 유압 방식으로 작동된다. 이렇게 만들어진 스웨이지 피팅은 피팅을 분리해야 하는 경우 튜브 커터를 이용해서 잘라내야 한다. 특별한 장착 공구는 이동용 키트로 이용될 수 있다. 스웨이지 피팅을 장착하기 위해서는 언제나 제작사의 설명서에 따라 사용하여야 한다. 퍼멀릿



[그림 7-18] Swaged fitting tooling



[그림 7-19] Permalite fittings

피팅(Permalit Fitting)은 최근 개발된 스웨이지 피팅 중 하나이며 퍼멀릿 피팅은 스웨이지 축에 의해 튜브가 기계적으로 장착되는 방식이다. 그림 7-19 처럼 피팅 몸체를 따라 회전하는 링의 움직임은 새는 것을 방지하기 위한 결합부분을 갖는 튜브의 변형을 초래한다.

(2) 크리요핏 피팅(Cryofit Fittings)

많은 운송용 급의 항공기 유압계통 튜브로 일상적인 분리가 요구되지 않는 부분에 크리요핏 피팅이 많이 사용된다. 크리요핏 피팅은 저온 슬리브를 갖고 있는 표준형 피팅이다. 이 저온 슬리브는 티넬(Tinel)이라고 명명한 형상 기억 소재로 만들어져 있다. 슬리브는 3% 작게 제작된 후 액화질소 내에서 냉간 가공 처리가 되면서 사용되는 튜브보다 5% 더 큰 크기로 팽창된다. 장착 과정에서 크리요핏 피팅은 액화 질소로부터 건져낸 후 연결을 위한 튜브에 삽입 하면 10~15초 동안의 예열 기간 동안 3% 작은 원래의 크기로 수축하면서 기밀을 유지하는 형태로 만들어진다. 크리요핏 피팅은 유압계통의 튜브의 교환 없이 스웨이지 하는 것만으로 피팅을 교체할 수 있는 여지를 남겨 두었지만 튜브에서 슬리브를 잘라내는 방법으로만 분리할 수 있는 단점을 가지고 있다. 크리요핏 피팅은 빈번하게 티타늄 튜브와 함께 사용된다. 이러한 형상기억 합금 기

술은 피팅, 플레어 피팅 그리고 플레어 없는 피팅에 사용된다.



[그림 7-20] Cryofit fittings

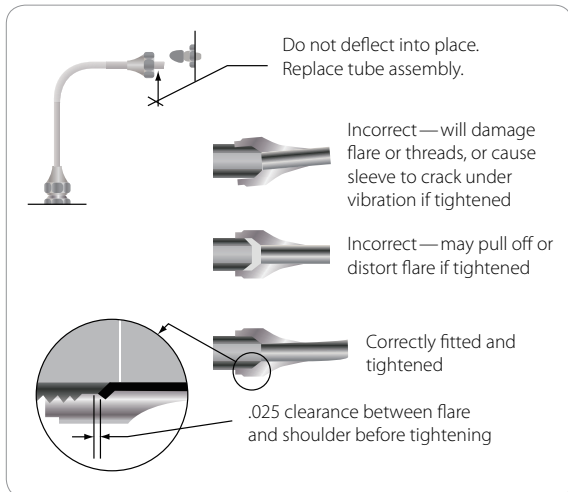
7.1.9 경성 튜브의 장착과 검사

(Rigid Tubing Installation and Inspection)

항공기에 튜브 어셈블리를 장착하기 전에는 그 튜브를 주의 깊게 검사하여야 한다. 찌그러지거나 굽힌 부분은 제거되어야 하고, 모든 너트와 슬리브는 부드럽게 접촉면이 맞물려야 하고 튜브에 제작된 플레어에 의해 단단히 장착되는지를 면밀히 확인한다. 튜브 어셈블리는 깨끗하게 관리되어야 하고 외부 물질 오염으로부터 차단되어야 한다.

7.1.9.1 연결과 토크(Connection and Torque)

피팅 또는 플레어의 접촉면에 어떠한 화학물질을 바르지 말아야 한다. 화학물질의 적용은 피팅과 플레어의 금속과 금속이 맞물리면서 생성되는 밀폐기능을 위한 접촉을 방해하게 될 것이다. 피팅을 고정시키기 전에 튜브 어셈블리의 정렬을 확인하여야 한



[그림 7-21] Correct and incorrect methods of tightening flared fittings

다. 너트를 장착하기 위한 부분을 잡아당기지 말아야 한다. 그림 7-21은 플레어 튜브 어셈블리의 정상적인 장착과 비정상적 장착 상태를 보여주고 적정 토크값은 표 7-3에서 확인 가능하다. 기억해야 할 것은 이 토크값은 플레어 타입 피팅에 한정해서 사용되어야 한다는 점이다. 튜브 어셈블리를 장착할 때는 항상 정확한 토크값으로 피팅을 장착하여야 한다. 과도한 토크를 적용하는 것은 피팅에 손상을 주거나 튜브 플레어의 완전한 파손을 유발하고, 피팅 너트 또는 슬리브를 파손할 것이다. 충분한 조임의 실패는 계통 압력 밑으로 떨어지는 샘(Leak), 어셈블리의 벌어짐으로 인한 유압유의 누출과 같이 매우 심각 현상이 발생할 수 있다. 토크렌치의 사용과 규정된 토크값은 오버 토크(Overtightening)와 언더 토크(Undertightening)를 예방할 수 있다. 튜브 피팅 어셈블리가 정확하게 장착되려면 플레어의 재가공이 필요하기 전에 튜브와 피팅의 장착, 장탈을 반복해서 자리 잡는 절차를 하여야 한다.

7.1.9.2 플레어레스 튜브의 장착

(Flareless Tube Installation)

손으로 너트를 조일 때는 힘이 증가하여 회전력에 저항이 걸려 때까지 돌려준다. 더 이상 손으로 조일 수 없을 때 렌치를 사용하며 이것은 장착의 마무리를 위한 마지막 신호로 인식한다. 너트가 밑바닥에 닿기 시작하는 곳에서 마지막 조임을 시작하는 것이 중요하다. 렌치를 사용해서 너트를 1/6 바퀴 돌린다. 너트를 조일 때 커넥터가 따라 도는 것을 막기 위해 렌치를 사용하여야 한다. 튜브 어셈블리가 장착된 후 계통은 압력을 가해 테스트해야 한다. 연결 부분에서 압력이 누설되면 1/6 바퀴 더 잠그는 것이 허용되고 총 1/3바퀴를 넘어서는 안 된다. 총 1/3바퀴 조여 준 후에도 누설 현상이 계속되면 어셈블리를 분리하고 오염물질이 접촉부에 존재하는지, 깨지거나 굽힌 결함이 존재하는지 또는 과도한 토크로 인해 결함이 발생했는지를 점검한다. 몇몇 항공기 제작사에서는 플레어레스 피팅에도 적정 토크치를 적용하는 절차를 매뉴얼에 포함시키기도 한다.

다음의 Note, Caution, Faults는 경 튜브(Rigid Tube)에 적용된다.

NOTE 플레어레스 튜브의 너트를 과도하게 조이면 튜브 안쪽의 슬리브 끝 부분의 깨짐 현상을 발생되거나 항공기의 정상 비행 시 발생하는 진동에 의해 전단력이 발생한 곳에 약한 부분이 만들어진다. 만약 점검 후 결함이 발생되지 않으면 튜브를 재조립하고 압력을 걸어 검사하는 절차를 반복하라.

Caution 육각 너트의 단면 두 개 즉 1/3바퀴 이상 조이지 말라. 이것은 슬리브와 너트의 영구적인

결합의 발생 없이 조일 수 있는 최대 한계 값이다.

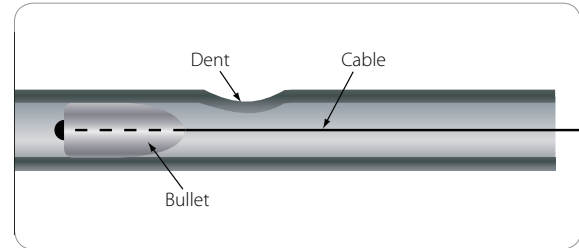
Common Faults

플레어가 너트 안쪽의 나사산 안에서 비틀리거나, 슬리브에 균열이 발생되거나, 플레어에 균열이 발생 또는 분리되거나, 플레어 안쪽 면에 굽힘 또는 마모가 발생하고 너트의 나사산 또는 유니온(Union)이 오염되거나 손상 또는 부러지는 결함이 일반적으로 발생하는 결함의 양상이다.

7.1.9.3 경성 튜브의 점검과 수리

(Rigid Tubing Inspection and Repair)

튜브에 발생한 약한 찌그러짐, 굽힘은 수리가 가능하다. 알루미늄합금 튜브의 구부러진 곡면을 제외한 나머지 부분에 발생한 두께의 1/10 미만의 찌름 또는 굽힘은 수공구를 활용해 연마하는 공정을 통해 수리가 가능하다. 튜브 재료의 경도(Hard)에 의한 리미트(Limit)는 알루미늄합금 튜브에 비해 얇은 두께를 가진 내식강이나 티타늄 튜브가 더 강하며 항공기 제작사에 의해 결정된다. 항공기 매뉴얼에서 손상 제한 값을 제시한다. 튜브에 발생한 제작 시 발생한 자국, 갈라진 틈 또는 분리된 결함으로 인해 튜브는 교환된다. 플레어에 발생한 균열 또는 기형은 사용이 수락되지 않거나, 거절되는 원인이 된다. 튜브의 구부러진 곡면을 제외한 나머지 부분에 발생한 튜브 직경의 20% 미만의 찌그러짐(Dent)은 사용하는 데 이의가 제기되지 않는다. 작은 구슬(Bullet)을 케이블에 매달아 튜브를 관통하게 하거나 기다란 로드를 이용해서 작은 구슬을 밀어 넣어 튜브의 찌그러짐을 제거한다. 작은 구슬은 볼 베어링(Ball Bearing) 또는 쇠구슬이나 경금속(Hard-metal) 구슬이다. 그림 7-22와 같이 연성 재료의 알루미늄

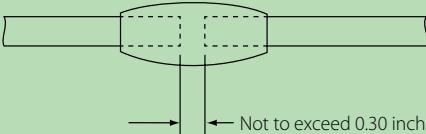
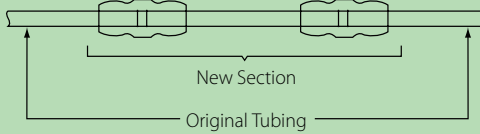
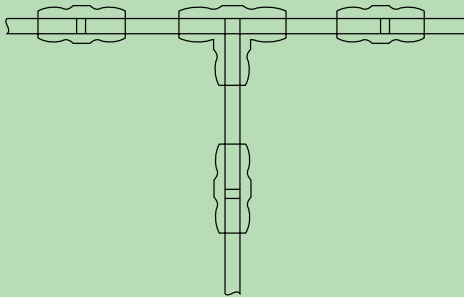
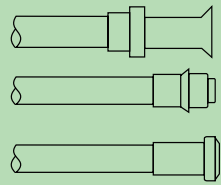


[그림 7-22] Dent removal using a bullet

합금 튜브의 경우 딱딱한 목재 구슬이나 작은 구슬을 사용한다. 심하게 손상된 튜브는 교환되어야 한다. 그러나 튜브는 손상된 부분을 잘라내고 동일 재질, 크기의 튜브를 삽입하여 수리되기도 한다. 손상되지 않은 양쪽 끝 부분을 플레어 작업을 하고 유니온, 슬리브 그리고 튜브 너트를 사용하여 연결 작업을 한다. 알루미늄 6061-T6, 내식강 304-1/8h 그리고 티타늄 3AL-2.5V 튜브는 스웨이지 피팅으로 수리가 가능하다. 그림 7-23과 같이 손상된 튜브의 길이가 짧다면 튜브의 삽입 대신에 수리용 유니온을 사용해서 수리가 가능하다. 손상된 튜브를 수리할 때 거칠거칠한 면과 잔류물 제거에 세심한 주의를 기울여야 한다. 일정기간 사용되지 않은 분리된 튜브는 금속, 목재, 고무 또는 플라스틱 플러그 또는 캡을 이용해서 밀폐시켜 관리한다.

휘어짐이 가능한 연결 어셈블리를 사용해서 저압 튜브를 수리할 때에는 클램프 밴드의 겹쳐 물림 또는 인접한 부품과 클램프 고정 스크루의 접촉을 방지하기 위해 클램프의 위치를 신중하게 결정하여야 한다. 만약 이러한 부품 간의 접촉이 발생한다면 호스 위에서 클램프의 위치를 다시 조정해야 한다. 그림 7-24는 연성 유체 튜브 어셈블리의 디자인을 설명하고 비틀림 각(Offset)과 최대허용각도를 설명하고 있다.

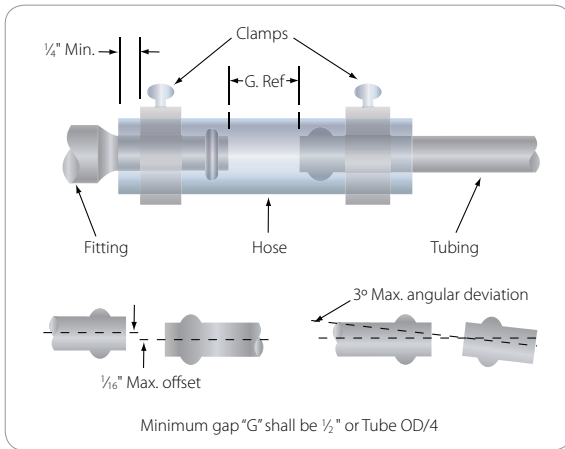


Type of Failure	Repair Method
1. Pin hole leak or circumferential crack in tubing. 	1. a. Make 1 or 2 cuts as necessary, to remove damaged section. If 2 cuts are required, the distance between them shall not exceed 0.30". If distance is more than 0.30 inch, go to repair method 2. b. Swage 1 tube-to-tube union in tube section under repair.
2. Longitudinal crack in tubing (crack length in excess of 0.30"). 	2. a. Make 2 cuts to enable removal of damaged section. b. Remove damaged section and duplicate. c. Swage replacement section into tubing under repair using 2 tube-to-tube unions.
3. Leaking tee or elbow (permanent tube connection type). 	3. a. Cut out defective tee or elbow. b. Duplicate tubing sections for each branch. c. Swage splice sections to tee or elbow. d. Connect each splice section to tubing under repair using a tube to tube union.
4. Leaking flared, flareless, or lipseal end fittings. 	4. a. Cut tubing to remove defective fitting. b. Swage appropriate end fitting to tube end. c. Connect new end fitting to mating connection, torquing nut as required.

[그림 7-23] Permaswage™ repair

경성 튜브를 교체할 때, 새로운 튜브는 기존에 장착되어 있던 튜브의 배치와 동일하게 유지해야 한

다. 손상되거나 마모된 어셈블리는 장탈 후 더 손상되거나 형태의 변형이 일어나지 않게 주의 하고 새



[그림 7-24] Flexible fluid connection assembly

로운 부품 제작을 위한 모양 틀로 활용한다. 만약 장탈 된 튜브가 모양 틀로 활용할 수 없는 상태라면 철사로 모양 틀을 만들고 새로운 튜브의 필요한 모양을 따라 손으로 구부려 마무리한다. 그리고 철사로 만든 모양 틀을 따라 튜브를 굽힘 가공한다. 절대로 굽힘이 요구되지 않는 방향으로 가공하지 않도록 한다. 장착할 튜브는 절단하거나 플레어 가공을 할 수 없고, 튜브는 굽힘없이 장착되고 기계적인 변형으로부터 자유롭게 유지되기 위해서 정확하게 제작되어야 한다. 튜브는 온도의 변화에서 오는 튜브의 수축과 팽창과 진동을 허용할 수 있도록 하는 기능을 위해서 굽힘이 필요하다. 만약 튜브 직경이 1/4[inch] 이하일 경우, 손으로 굽힘 가공이 가능할 경우 심하지 않은 굽힘은 허용된다. 튜브가 기계장치로 가공되었다면 뚜렷한 굽힘은 직선으로 조립되지 않도록 만들어져야 한다. 플레어의 검사와 조립 과정에서 슬리브와 너트가 헐거움이 유지되어야 하기 때문에 피팅으로부터의 정확한 거리에서 굽힘 가공을 시작해야 한다. 모든 경우에 새로운 튜브는 커플링 너트를 이용해서 어셈블리의 정렬을 확인할 때 튜브가

잡아당겨 지거나 뒤틀림이 발생하지 않도록 장착 전에 정확하게 가공되어야 한다.

7.2 연성 호스 유체 라인 (Flexible Hose Fluid Lines)

휘어지는 호스는 진동이 발생하는 부분에 장착된 고정 부품과 가동 부품을 연결하거나 유연성이 크게 요구되는 항공기 유체 계통에 사용된다. 휘어지는 호스는 금속 튜브 계통을 연결하는 커넥터로도 사용 가능하다.

7.2.1 호스의 재질과 구조 (Hose Materials and Construction)

순수한 고무는 연성 유체 라인을 구성하는 재료로 사용될 수 없다. 요구되는 강도, 내구성, 가동성에서 요구되는 조건을 충족시키기 위해 순수한 고무를 대신해서 합성고무가 사용된다. 연성 호스를 제작할 때 일반적으로 활용되는 합성고무 Buna-N, 네오펜(neoprene), 부틸(Butyl), 에틸렌 프로필렌 디엔리버(ethylene propylene diene rubber/EPDM)과 테프론(Teflon) 등이 사용된다. 테프론이 자기 자신의 카테고리 안에 존재하고 나머지는 합성고무로 구분된다.

Buna-N은 석유 제품에 훌륭한 저항성을 갖는 합성고무 재질이다. Buna-N은 Buna-S와 혼동하여서는 안 된다. Buna-N은 인산염 에스테르(Phosphate Ester)로 만들어진 유압유(Skydrol)와 함께 사용할 수 없다.



Neoprene은 아세틸렌(Acetylene)으로 만들어진 합성고무로서 Buna-N 만큼 석유 제품에 대한 저항성이 좋지는 않지만 마멸 특성은 Buna-N 보다 더 양호하다. Neoprene도 인산염 에스테르(Phosphate Ester)로 만들어진 유압유(Skydrol)와 함께 사용할 수 없다.

Butyl은 석유 원유로부터 만들어진 합성고무로서 인산염 에스테르(Phosphate Ester)로 만들어진 유압유(Skydrol)와 사용하기에 적당하다. Butyl은 석유 제품과 함께 사용하지 말아야 한다.

연성 고무호스는 합성고무 재질의 안쪽 튜브와 면, 철사 그리고 합성고무가 조합된 바깥쪽 층으로 구성되어 있다. 이렇게 만들어진 연성 고무호스는 연료, 오일, 냉매, 그리고 유압계통에 사용하는 것이 적당하며 호스의 종류는 정상작동 조건에서 견디도록 설계된 압력의 크기에 따라 등급이 구분되어 있다.

(1) 저압, 중압, 고압 호스

(Low, Medium and High Pressure Hoses)

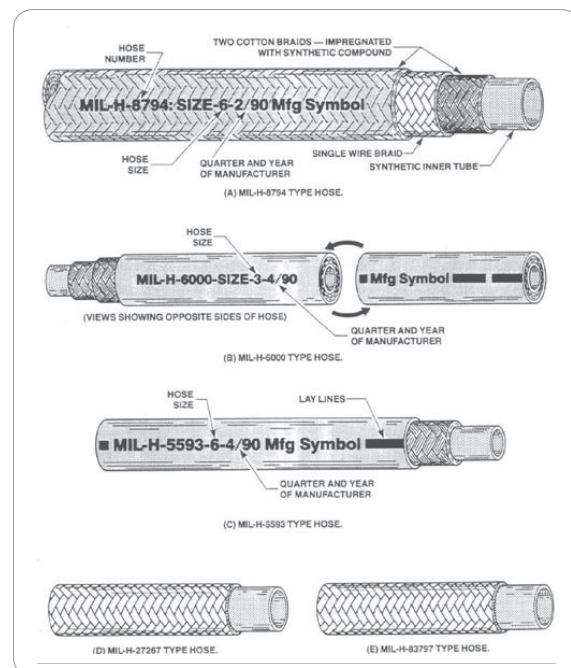
저압 호스는 250[psi] 이하의 압력에서 사용 가능하며, 직물 보강제로 구성되어 있다. 중압 호스는 3000[psi]까지의 압력에서 사용 가능하며, 하나의 철사 층으로 보강되어 있고, 작은 크기의 호스는 3000[psi]까지 사용 가능하며 큰 크기의 호스는 1500[psi]까지 사용 가능하다.

고압 호스는 모든 크기의 호스로 3000[psi]까지 사용 가능하다.

(2) Hose Identification

호스의 구분을 위한 표시는 그림 7-25와 같이 문

자, 라인(Line), 숫자로 호스 표면에 인쇄되어 있다. 대부분 유압 호스는 호스의 종류, 제작사를 구분하기 위한 5개 Digit로 된 코드와 제작년도, 분기가 표시되어 있다. 이러한 표시는 호스의 꼬임 상태를 판단하기 쉽도록 강조된 컬러의 글자와 글씨로 인쇄되어 있으며 9[inch] 간격으로 반복되어 있다. 코드는 대체물을 추천하거나 같은 스펙의 호스로 교환할 때 도움을 준다. 보통 인산염 에스테르(Phosphate Ester)계 유압유에 사용하기 적합한 호스는 'Skydrol Use'라고 표현된다. 일부 몇 종류의 호스는 같은 용도로 사용된다. 그러므로 정확한 호스의 선택을 위해서는 항상 항공기 정비 교범 또는 부품정비 교범을 참조하여야 한다.



[그림 7-25] Hose identification markings

Teflon은 테트라플루오로에틸렌(Tetrafluoroethylene)라고 불리는 듀폰(Dupont)사의 상품명이다.

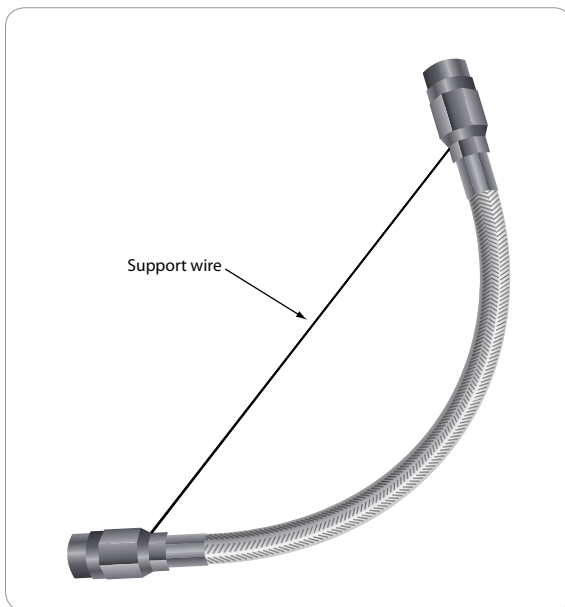
테프론은 $-65\sim 450^{\circ}\text{F}$ 까지의 넓은 범위의 사용 가능 온도 범위를 가지며 거의 대부분의 물질 또는 약품과 함께 사용 가능하다. 테프론은 약하게 흐름의 저항이 발생할 수 있지만 점착성, 점성물질이 달라 붙지는 않을 것이다. 또 고무와 비교했을 때 팽창률이 적고 저장 기간과 사용 수명은 제한이 없다. 테프론 호스는 현존하는 항공기와 같은 높은 작동 온도와 높은 압력에 사용하기 위한 휘어지는 튜브로 디자인되었다. 일반적으로 테프론 호수는 고무호스와 같은 방법으로 사용된다. 테프론 호스는 요구되는 모양과 크기로 압출 성형되며 강도와 보호를 위해 스테인리스 와이어로 보강된다. 테프론 호스는 항공기에 사용되는 연료, 합성 오일, 알코올, 냉각수 또는 솔벤트와 같은 용제 어떤 것에도 영향을 받지 않는다. 테프론 호스는 사실상 제한 없는 저장기간, 광범위한 사용 가능 온도 범위, 그리고 유압유, 연료, 오일, 냉각수, 물, 알코올과 같은 광범위한 사용처

등의 장점을 갖고 있다. 중압에 사용되는 테프론 호스 어셈블리는 간혹 장애물을 피할 목적, 짧은 길이의 호스로 연결하기 위해 성형 방법이 사용된다. 성형방법은 특별한 엘보(Elbows)의 필요성을 제거할 때 사용되며 성형된 테프론 호스의 사용은 무게와 공간을 절약할 수 있다. 성형된 테프론 호스는 똑바로 잡아당겨 사용하면 안 된다. 그림 7-26과 같이 정비 작업을 위해 장탈된 테프론 호스는 지지를 위한 와이어를 사용해야 한다.

7.2.2 연성 호스의 검사(Flexible Hose Inspection)

각각의 점검 주기에 따라서 호스와 호스 어셈블리의 기능저하 등 상태 점검을 하여야 한다. 누출, 튜브 안쪽면의 고무 또는 보강층의 분리, 균열, 경화, 유연성의 약해짐, 과도한 ‘저온유동(Cold Flow)’ 등이 나타나면 기능이 저하되었다는 신호이며, 교체해야 하는 원인이 된다. 저온유동은 호스 클램프 또는 지지물의 압력에 의해 호스에 만들어진 영구적인 늘린 자국으로 설명된다.

스웨이지로 처리된 피팅을 포함하고 있는 연성 호스에 결함(Failure)이 발생하였을 때 전체 어셈블리가 교체되어야 하며, 정확한 크기와 길이의 새 호스를 확보하고 제작사에서 완성된 피팅으로 마무리한다. 재사용이 가능한 엔드 피팅을 장착한 호스에 결함이 발생하였을 때는 제작사에서 제공된 조립 절차를 수행하는 데 필요한 적정 공구를 활용하여 교환 튜브를 조립할 수 있다.



[그림 7-26] Suggested handling of preformed hose



7.2.3 연성 호스의 조립과 교체 (Fabrication and Replacement of Flexible Hose)

그림 7-27과 같이 호스 어셈블리를 만들려면 적절한 크기의 호스와 엔드 피팅(End Fitting)을 선택하여야 한다. 연성 호스를 위한 MS타입 엔드 피팅은 사용 가능하다고 확인되면 분리해서 재사용이 가

능하다. 피팅의 안쪽 지름의 크기는 장착될 호스의 안쪽 지름과 같은 크기이다.

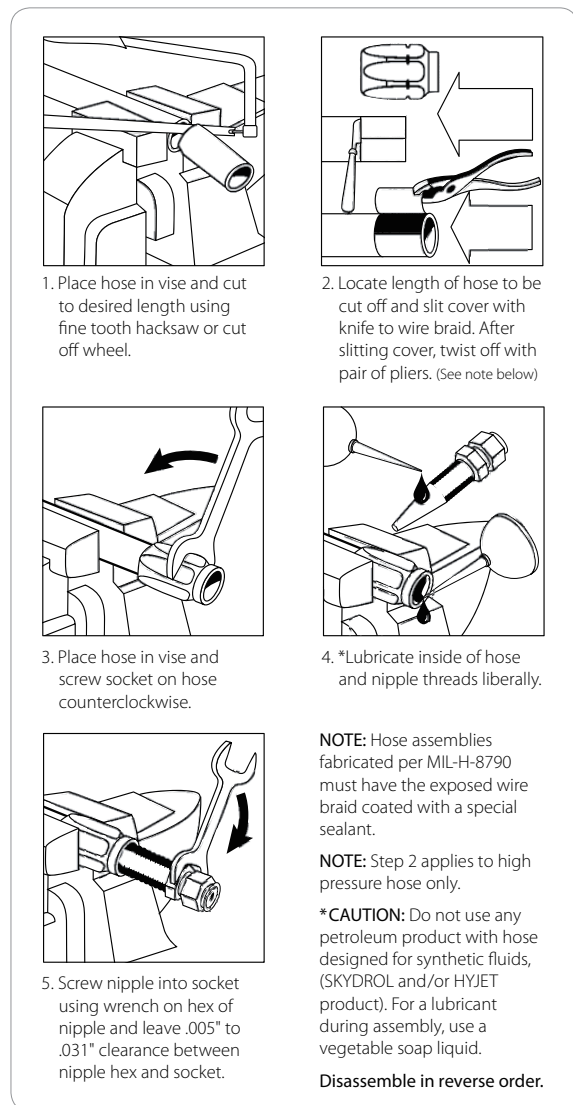
(1) 연성 호스의 테스트(Flexible Hose Testing)

모든 연성 호스는 호스 어셈블리의 안쪽에 압력을 가해서 어셈블리 조립 후 압력 테스트를 수행하여야만 한다. 압력 테스트에 사용되는 매질은 액체 또는 기체이다. 예를 들면 유압, 연료, 오일 계통은 보통 유압유 또는 물을 사용하여 테스트한다. 반면에 공기 또는 계기의 압력 라인은 건조한 공기, 오일이 없는 공기 또는 질소를 이용해서 테스트한다. 액체를 매질로 사용하는 테스트를 수행할 경우 캡 또는 플러그를 사용하여 막기 전에 어셈블리로부터 안쪽에 포함된 공기를 제거하여야 한다. 가스를 이용해서 호스를 테스트할 경우에는 수조 안에서 처리하도록 한다. 언제나 특정한 호스 어셈블리의 테스트를 수행할 경우 표 7-4와 같은 제작사의 시험절차를 위한 사용설명서를 따라야 한다.

연성 호스가 수리 되었거나 존재하는 하드웨어와 새로운 호스 재료에 의해 오버홀 된 경우 항공기에 호스가 장착되기 전에 적어도 1.5배 높은 계통 압력으로 테스트를 수행하는 것을 추천한다. 그림 7-28은 연성 호스 테스트를 위해 사용되는 유압 호스 테스트 장비이다. 새 호스는 항공기에 장착한 후 계통 압력을 활용하여 작동 점검을 할 수 있다.

7.2.4 크기 표시법(Size Designations)

호스는 호스의 크기와 관련된 데시 넘버(Dash Number)로 표시된다. 데시 넘버는 호스의 옆면에 등사되어 있고 호스에 적합한 배관의 크기를 인식



[그림 7-27] Assembly of MS fitting to flexible hose

[표 7-4] Aircraft hose specifications

SINGLE WIRE BRAID FABRIC COVERED

MIL. Part No.	Tube Size o.d. (inches)	Hose Size i.d. (inches)	Hose Size o.d. (inches)	Recomm. Operating Pressure (PSI)	Min. Burst Pressure (PSI)	Max. Proof Pressure (PSI)	Min. Bend Radius (inches)
MIL-H-8794-3-L	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	.45	3,000	12,000	6,000	3.00
MIL-H-8794-4-L	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	.52	3,000	12,000	6,000	3.00
MIL-H-8794-5-L	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	.58	3,000	10,000	5,000	3.38
MIL-H-8794-6-L	$\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	.67	2,000	9,000	4,500	4.00
MIL-H-8794-8-L	$\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{32}$	.77	2,000	8,000	4,000	4.63
MIL-H-8794-10-L	$\frac{5}{8}$	$\frac{1}{2}$	.92	1,750	7,000	3,500	5.50
MIL-H-8794-12-L	$\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	1.08	1,750	6,000	3,000	6.50
MIL-H-8794-16-L	1	$\frac{7}{8}$	1.23	800	3,200	1,600	7.38
MIL-H-8794-20-L	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{8}$	1.50	600	2,500	1,250	9.00
MIL-H-8794-24-L	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{8}$	1.75	500	2,000	1,000	11.00
MIL-H-8794-32-L	2	$1\frac{13}{16}$	2.22	350	1,400	700	13.25
MIL-H-8794-40-L	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{3}{8}$	2.88	200	1,000	300	24.00
MIL-H-8794-48-L	3	3	3.56	200	800	300	33.00

Construction: Seamless synthetic rubber inner tube reinforced with one fiber braid, one braid of high tensile steel wire and covered with an oil resistant rubber impregnated fiber braid.

Identification: Hose is identified by specification number, size number, quarter year and year, hose manufacturer's identification.

Uses: Hose is approved for use in aircraft hydraulic, pneumatic, coolant, fuel, and oil systems.

Operating Temperatures:

Sizes 3 through 12: Minus 65 °F to plus 250 °F
 Sizes 16 through 48: Minus 40 °F to plus 275 °F

Note: Maximum temperatures and pressures should not be used simultaneously.

MULTIPLE WIRE BRAID RUBBER COVERED

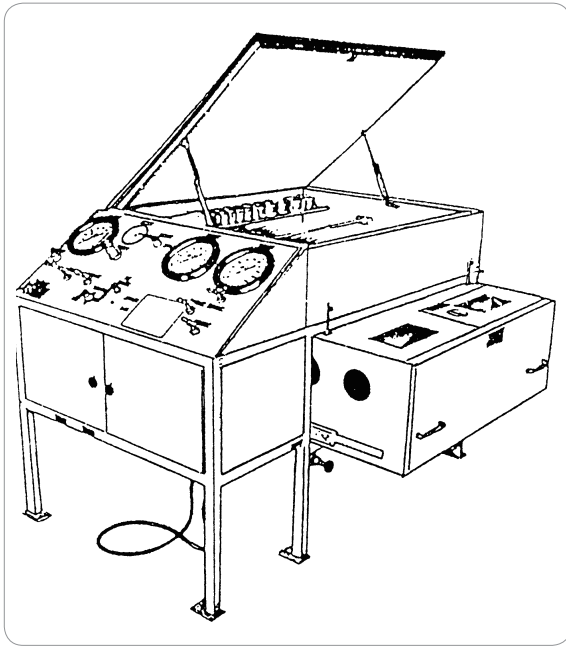
MIL. Part No.	Tube Size o.d. (inches)	Hose Size i.d. (inches)	Hose Size o.d. (inches)	Recomm. Operating Pressure (PSI)	Min. Burst Pressure (PSI)	Max. Proof Pressure (PSI)	Min. Bend Radius (inches)
MIL-H-8788-4-L	$\frac{1}{4}$	$\frac{7}{32}$	.63	3,000	16,000	8,000	3.00
MIL-H-8788-5-L	$\frac{5}{16}$	$\frac{9}{32}$	.70	3,000	14,000	7,000	3.38
MIL-H-8788-6-L	$\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{32}$	.77	3,000	14,000	7,000	5.00
MIL-H-8788-8-L	$\frac{1}{2}$	$\frac{7}{16}$	.86	3,000	14,000	7,500	5.75
MIL-H-8788-10-L	$\frac{5}{8}$	$\frac{9}{16}$	1.03	3,000	12,000	6,000	6.50
MIL-H-8788-12-L	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{16}$	1.22	3,000	12,000	6,000	7.75
MIL-H-8788-16-L	1	$\frac{7}{8}$	1.50	3,000	10,000	5,000	9.63

Construction: Seamless synthetic rubber inner tube reinforced with one fiber braid, two or more steel wire braids, and covered with synthetic rubber cover (for gas applications request perforated cover).

Identification: Hose is identified by specification number, size number, quarter year and year, hose manufacturer's identification.

Uses: High pressure hydraulic, pneumatic, coolant, fuel and oil.

Operating Temperatures: Minus 65 °F to plus 200 °F



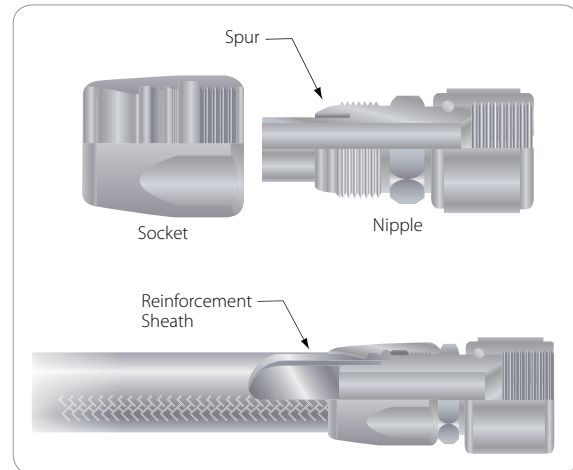
[그림 7-28] Hydraulic hose burst test stand

할 수 있도록 한다. 데시 넘버는 호스의 안쪽 면 또는 바깥쪽 면의 지름을 표시하지는 않는다. 배관의 데시 넘버와 호스의 데시 넘버가 일치할 때 정확한 호스의 크기가 사용되는 것이다. 데시 넘버는 그림 7-25에서 확인 가능하다.

7.2.5 호스 피팅(Hose Fittings)

그림 7-29와 같이 연성 호스는 스웨이지 피팅 또는 분리가능 피팅을 구비하거나 비드와 호스 클램프를 활용한다. 호스가 스웨이지 피팅을 구비하고 있을 경우 제작사로부터 정확하게 제시된 길이로 주문되어 정비사에 의해서 조립할 수 없다. 이 호스 피팅은 스웨이지 되어 있고 기준 피팅이 장착되어 있으며 제작사에 의해 테스트 된다. 연성 호스에 사용하는 분리 가능형 피팅은 손상이 없다면 재사용이 가

능하지만 결함이 있어 사용할 수 없다면 새 제품으로 교환해서 사용하여야 한다.



[그림 7-29] Reusable fitting for medium-pressure hose

7.2.6 연성 호스 어셈블리의 장착

(Installation of Hose Assemblies)

(1) 느슨함(Slack)

호스 어셈블리는 호스에 기계적인 로드(Load)가 발생할 경우 일반적으로 장착하면 안 된다. 연성 호스를 장착할 때는 압력을 가하고 발생할 수 있는 길이 변화를 보상하기 위한 총길이의 5~8%의 튜브 길이의 여유길이, 느슨함을 제공하여야 한다. 연성 호스에 압력이 가해지면 길이가 수축하고 직경이 확장된다. 모든 연성 호스를 과도한 열기로부터 보호하기 위하여 영향을 받지 않도록 튜브 위치를 조정하거나 튜브 주변에 쉬라우드(Shroud)를 장착한다.

(2) 휨(Flex)

호스 어셈블리가 심한 진동 또는 힘을 받을 때 휘지 않는 피팅(Rigid Fitting) 사이에 충분한 느슨함이 있어야 한다. 엔드 피팅에서 힘이 발생하지 않도록 호스를 장착하여야 한다. 호스는 적어도 엔드 피팅으로부터 호스 직경의 2배 정도는 직선을 이루고 있어야 한다. 호스의 힘을 방해하거나 줄이는 클램프의 장소를 피해야 한다.

(3) 꼬임(Twisting)

호스의 파열 가능성을 피하거나 장착된 너트의 풀림을 방지하기 위해 호스를 꼬임 현상 없이 장착해야만 한다. 한쪽 끝이나 양쪽 끝에 스위벨(Swivel)을 사용한다면 꼬임 스트레스를 경감시킬 수 있을

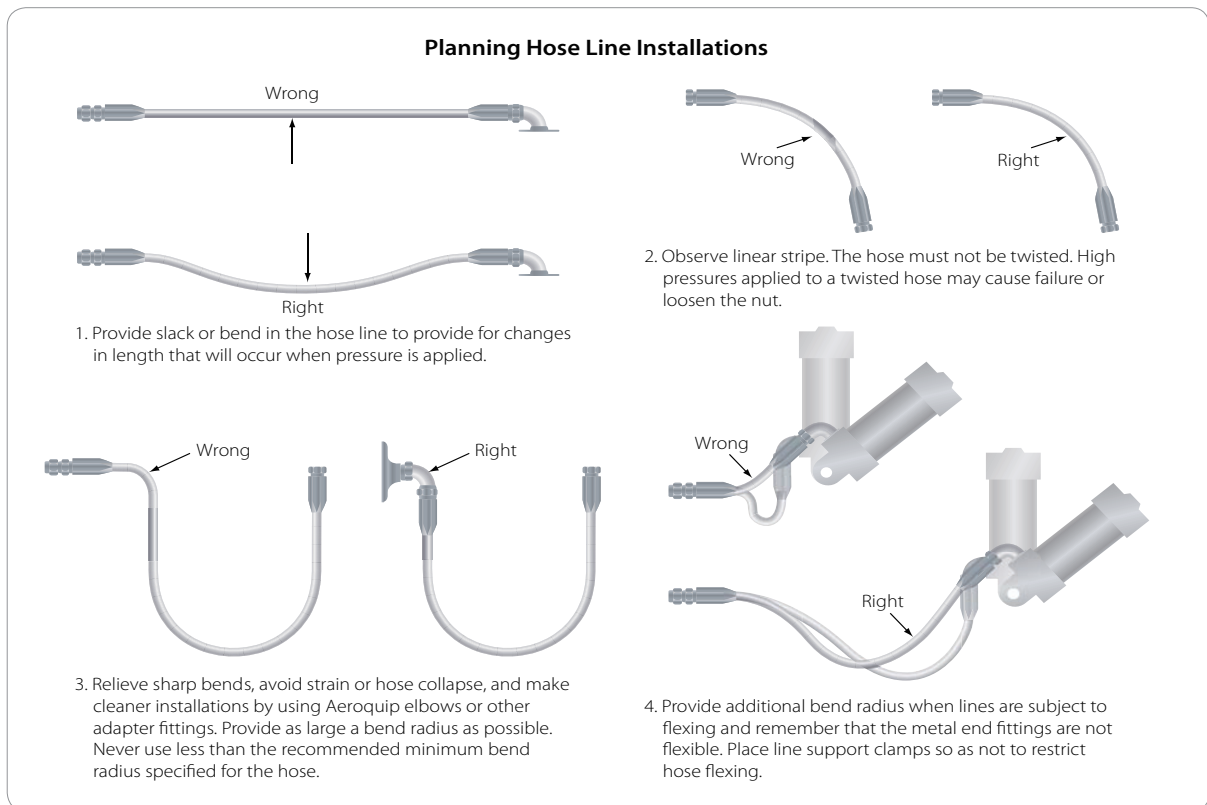
것이다. 꼬임은 호스의 표면에 길이방향으로 표시된 라인의 상태를 보고 결정할 수 있다. 이 라인은 호스의 주면을 휘감지 않아야 한다.

(4) 굽힘(Bending)

그림 7-30과 같이 호스 어셈블리에서 급격한 굽힘을 피하기 위해 엘 보우 피팅, 엘 보우 타입 엔드 피팅과 호스, 적당한 굽힘 반경을 사용한다. 급격한 굽힘은 휘어지는 호스의 파열 압력을 호스의 정격값 이하로 감소시킬 것이다.

(5) 간격(Clearance)

호스 어셈블리는 모든 작동 조건에서 다른 튜



[그림 7-30] Flexible hose installation



브, 장비와 인접한 구조물에 닿지 않아야 한다. 연성 호스는 작동 조건에서 조금은 유동적으로 움직일 수 있도록 장착되어 있으며 적어도 24[inch]마다 클램프 등과 같은 지지대를 장착하여 고정되어야 한다. 가능하다면 좀 더 촘촘하게 고정시키는 것을 권고한다. 또한 연성 호스는 두 개의 피팅 사이가 팽팽하게 잡아당겨져서 장착되면 결코 안 된다. 만약 클램프가 적정 값으로 조여졌음에도 불구하고 연결 부위가 정확하게 장착이 안 될 경우 파트를 교환해 주어야 하는데 이것은 처음 장착할 때 적용되는 조건이며 풀린 클램프에 적용되지는 않는다. 사용되는 중간에 풀려진 클램프의 장착은 다음 절차를 따른다.

셀프 실링이 되지 않는 호스(Non-Self Sealing Hose)는 클램프 스크루가 손으로 조여지지 않는다면 누출의 증거가 없는 경우 그대로 두고, 만약 누출의 흔적이 나타난다면 1/4 바퀴 더 조여 준다.

[표 7-5] Hose clamp tightening

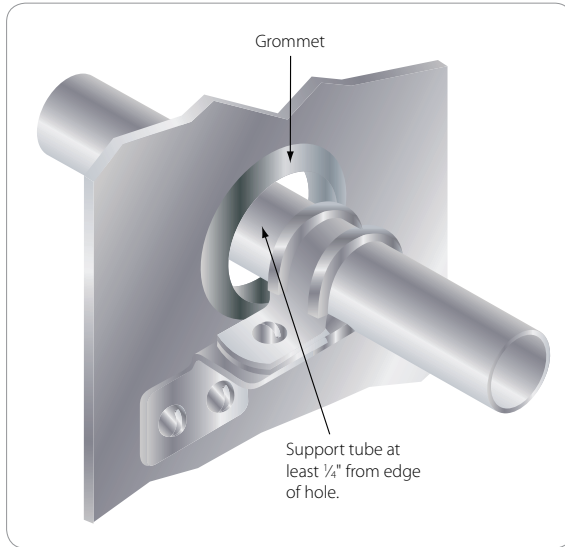
Initial Installation Only	Worm screw type clamp (10 threads per inch)	Clamps—radial and other type (28 threads per inch)
Self sealing hose approximately 15 in-lb	Finger-tight plus 2 complete turns	Finger-tight plus 2½ complete turns
All other aircraft hose approximately 25 in-lb	Finger-tight plus 1¼ complete turns	Finger-tight plus 2 complete turns

셀프 실링 호스(Self Sealing Hose)는 표 7-5와 같이 만약 손가락으로 단단히 조인 것보다 느슨하다면 가능한 손으로 꼭 조이고 추가로 1/4 바퀴 더 조인다.

7.2.7 호스 클램프(Hose Clamp)

호스의 연결부위를 정확하게 장착하기 위해서 그리고 호스의 클램프가 손상되거나 잘려나가는 것을 방지하기 위해서 호스 클램프 장착 절차를 조심스럽게 준수해야 한다. 토크 리미팅 렌치(Torque Limiting Wrench)의 사용이 가능할 때는 그것을 사용하라. 이 토크 리미팅 렌치는 15~25[in-lb]의 교정 범위 안에서 사용 가능하다. 토크 리미팅 렌치가 없을 경우에는 손으로 조여 주고 1/4 바퀴 더 조여 주는 장착 방법을 활용한다. 호스 클램프의 구조와 디자인의 변화로 인하여 표 7-5와 같은 대략의 토크 값이 주어진다. 따라서 표 7-5의 값은 손으로 조여 주고 1/4 바퀴 더 조여 주는 장착 방법으로 장착할 때 좋은 방법이다. 호스를 연결하는 동안에 ‘Cold Flow’ 또는 마무리 절차를 수행할 목적으로 장착 후 며칠 동안은 장착 결과를 점검하여야 한다.

지지용 클램프는 동체 구조 부분이나 엔진 구성품의 다양한 튜브를 안정적으로 지지하기 위하여 사용된다. 지지용 클램프의 다양한 종류가 이러한 목적으로 사용된다. 가장 일반적으로 사용되는 클램프는 그림 7-31과 같은 고무 쿠션 클램프(Rubber-Cushioned) 그리고 평면(Plain) 클램프이다. 고무 쿠션 클램프는 튜브의 접촉을 방지하는 쿠션기능을 통해 진동을 잡아주기 위해 사용된다. 반면 평면 클램프는 진동 예방을 위한 방법을 적용하지 않는 튜브를 고정하는 데 사용한다. 테프론 쿠션 클램프(Teflon Cushion Clamp)는 연료, 유압유 등 오일에 의한 변형이 발생할 수 있는 부분에 사용된다. 그러나 테프론 쿠션 클램프는 회복력이 덜 하기 때문에 다른 충격 흡수 물질들의 쿠션



[그림 7-31] Rubber-cushioned clamp

용해야만 한다. 외경보다 작은 지지용 클립 또는 클램프는 호스를 통해 흐르는 흐름에 저항을 준다. 모든 유체 튜브 라인은 정해진 간격으로 지지되어야 한다. 휘어지지 않는 타입 튜브를 지지하기 위한 최대 거리 값은 표 7-6에서 확인 가능하다.

효과를 제공하지 못한다.

연료, 유압유, 오일 등과 같은 금속 튜브의 고정을 위해서는 본딩 된 클램프를 사용한다. 본딩 되지 않은 클램프는 오직 와이어링(Wiring)을 고정시키기 위한 목적으로만 사용해야 한다. 튜브에서 본딩 된 클램프가 장착되는 부분에는 아노다이징 또는 페인트를 벗겨내야 한다. 또 정확한 크기의 클램프를 사

[표 7-6] Maximum distance between supports for fluid tubing

Tube O. D. (in.)	Distance between supports (in.)	
	Aluminium Alloy	Steel
1/8	9 1/2	11 1/2
3/16	12	14
1/4	13 1/2	16
5/16	15	18
3/8	16 1/2	20
1/2	19	23
5/8	22	25 1/2
3/4	24	27 1/2
1	26 1/2	30

