

윤 활 기 술

절삭유의 정의와 윤활관리

범우화학공업(주) 기술지원팀 노태호 팀장

1. 절삭유의 정의

가공물보다 경도가 큰 공구로써 가공물에서 칩(chip)을 깎아내는 작업을 절삭(Cutting)이라 한다.

선반에 의한 절삭가공을 비롯하여 그 밖의 공작기계에 의한 절삭, 즉 평삭, 세이핑, 보링, 밀링, 브로칭, 호빙, 태핑, 래핑등이 절삭가공에 해당된다.

이러한 절삭가공 때 공구의 날끝과 피가공물 사이에 부어 넣어 발열 등에 의한 장애를 방지하고, 가공능률이나 정밀도를 좋게 하며, 공구의 수명을 연장하기 위해 사용하는 기름을 절삭유라 한다.

2. 절삭유의 필요성

절삭가공은 금속 가공중에서 가장 널리 이용되고 있는 가공법의 하나로 소재보다 단단한 공구날로 소재의 불필요한 부분을 깎아내어 원하는 형상을 만들어 내는 작업이다.

공구 손상의 주 원인은 날끝이 고온으로 되어 경화되는 것이므로 날 끝 온도를 조금이라도 낮추기 위해 절삭점에 Oil을 공급하면 공구수명이 연장되고 다듬질면의 품질이 향상되는 경험적 사실을 알 수 있다.

2-1. 절삭유의 작용

1) 윤활작용

공구와 Chip, 공구와 피삭재간에 침투하여 경계 마찰을 감소시킨다. 즉 윤활효과를 가지고 있다.

따라서 공구의 경사면, 도피면의 마모가 적어지고 절삭동력도 감소된다.

이에 절삭유중에 지방분, 염소분, 유황분이 작용해서 우수한 윤활효과를 나타낸다.

2) 냉각작용

절삭시에 발생하는 고열은 공구를 마모시키거나 피삭재를 팽창시켜 능률이나 품질의 향상을 저해한다.

절삭유제는 그의 발생열을 흡수해서 공구인선의 온도를 저하시킨다.

3) 반응착 작용

절삭시에 공구인선에 생성된 구성인선은 가공면 정도불량, 사상면 조도불량, Chipp 'g' 현상을 초래하므로 절삭유제는 이를 방지하는 작용을 한다.

주로 유황계 극압첨가제가 반응착 작용을 나타낸다.

2.2. 절삭유제의 효과

1) 기계의 소비동력을 감소시킨다

절삭유 사용시 마찰저항 감소로 절삭저항이 저하되어 소비동력이 감소된다.

2) 공구수명의 연장

절삭유 사용시 절삭열을 흡수해서 마모방지 및 공구수명을 연장시켜 준다.

3) 사상면 조도의 향상

절삭유 미사용 경우에 가공물을 압착하는 힘이 강해 재료는 변형되어 거칠어진다.

이러한 변질층은 부식, 마모, 피로파괴에 의해 약해지므로 절삭유 사용시 가공물의 압축이 적어져 변질층도 적어지므로 사상면 조도도 향상된다.

4) 치수정도의 향상

절삭열에 의한 가공물 팽창, 구성인선등 이들에 의한 치수정도의 불량은 절삭유제의 냉각작용, 반용착 작용에 의해 양호한 치수를 얻는다.

3. 절삭유의 요구특성

3-1. 윤활성

수용성 절삭유의 윤활성은 비수용성 절삭유에 비해 열세하므로 수용성 절삭유를 사용시에는 기계습동면의 윤활성 및 보수에 유의해야 한다.

일반적으로 윤활성은 비수용성 > 에멀전 > 솔루블 순으로 나타난다.

절삭유를 공급하면서 절삭하면, 절삭유의 윤활

작용에 의해 전단각이 커지게 되며, 칩 두께나 칩 접촉길이가 짧게 되고 절삭저항이 감소하게 된다.

3-2. 냉각성

수용성 절삭유제는 물에 희석하여 사용하는 것이므로 냉각성은 비수용성에 비해 훨씬 우수하다. 냉각성은 유제의 타입, 성분에 의해 차이가 있는 것이지만, 그 보다는 희석농도 및 점도에 의해 결정되는 것이 일반적이다.

일반적으로 솔루블 > 에멀전 > 저점도 비수용성 > 고점도 비수용성으로 나타난다.

3-3. 열화성

찌꺼기(Chip) 및 이물질의 혼입에 의한 오염도는 비수용성, 수용성 마찬가지로이다.

혐기성 박테리아에 의한 부패, 열화는 비수용성보다 훨씬 심하다.

기계윤활유, Chip등의 혼입이 박테리아의 번식을 촉진한다는 사실에 유의해야 하며, 열화성은 유제의 성분 및 방부제의 함유여부에 따라 다르다.

일반적으로 솔루블 > 에멀전 순으로 나타난다.

3-4. 작업성

수용성 절삭유의 작업 안정성은 비수용성보다 우수하다. 발연 및 액체의 비산에 의해 작업대나 작업복이 오염될 염려도 거의 없다.

일반적으로 솔루블 > 에멀전 > 비수용성 순으로 나타난다.

피부염 측면에서는 포괄적으로 논의하기는 어렵지만, 피부염에 대한 안정성 역시 수용성의 경우가 훨씬 우수한데, 일반적인 안전성은 다음과 같다.

유진증상 : 경질 비수용성 > 일반 비수용성 > 에멀전 타입
 탈지증상 : 경질 비수용성 > 솔루블 타입 > 에멀전 타입

4. 절삭유의 규격과 선정

4-1 절삭유제의 규격

① 수용성 절삭유

항목 종류	유화안정도ml(실온,24h)				불휘 발분 (%)	PH	염소분 (%)	기포시험 ml (24±2℃)	부식시험 (실온,48h)	표면장력 (dyne/cm)	
	물		경수								
	유층	크림층	유층	크림층							
W 1중	1호	혼적	2.5↓	2.5↓	90↑	8.5↑ 10.5↓	- 1↑ 15↓	1↓	변색없을 것(강판)		
	2호					8.0↑ 10.5↓	-				변색없을 것 (Al,Cu판)
	3호										
W 2중	1호				30↑	8.5↑ 10.5↓	- 1↑ 15↓	1↓	변색없을 것(강판)	40↓	
	2호					8.0↑ 10.5↓	-				변색없을 것 (Al,Cu판)
	3호										

비교) 불휘발분 및 염소분은 원액으로, 그 외에는 실온(20~30℃)에서 1중은 표준희석배율 10배의 수용액, 2중은 30배의 성상을 규정한 것이다.희석방법은 KS M 2525(절삭유의 시험방법)의 3.2에 따른다.

② 비수용성 절삭유제

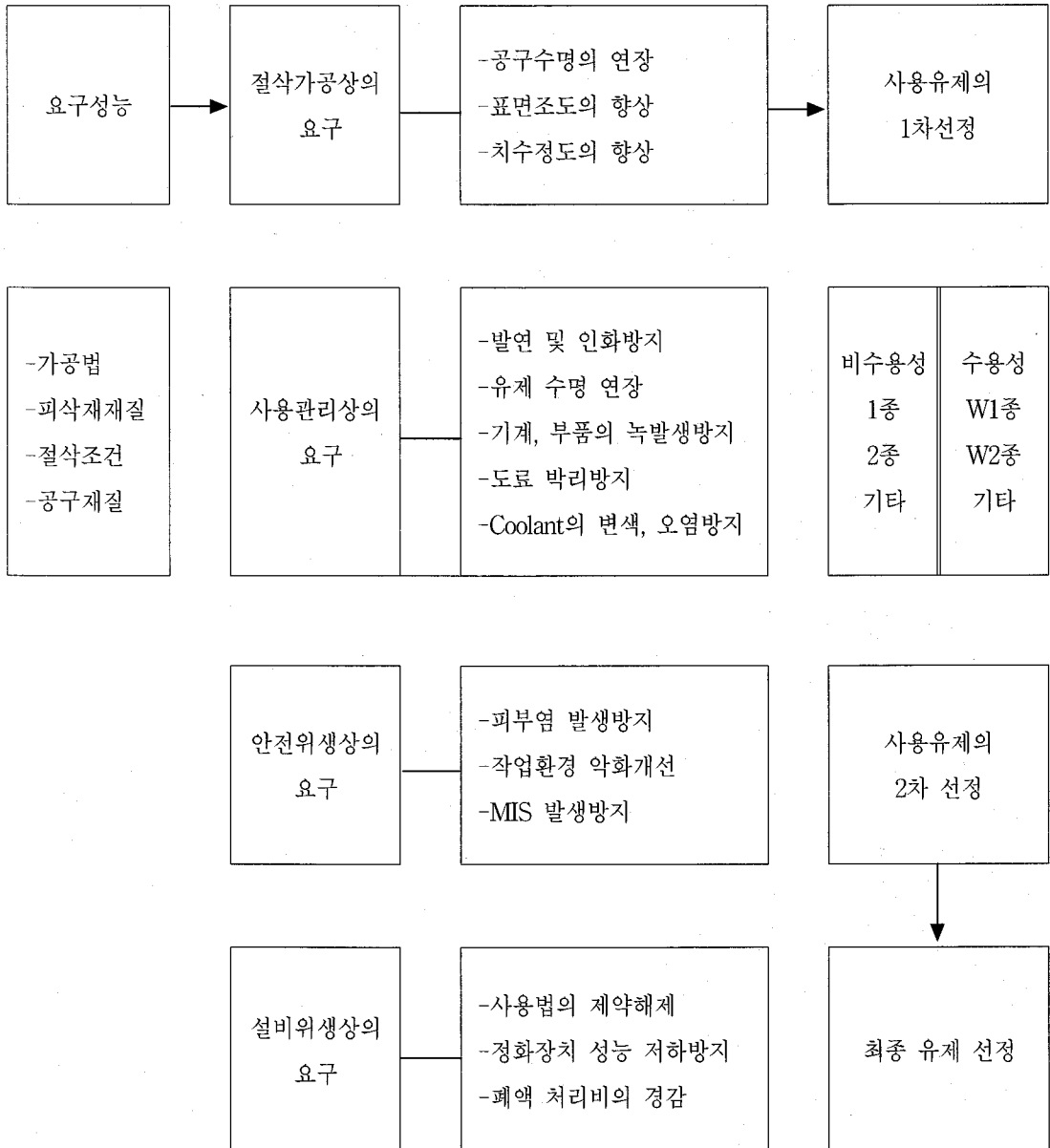
종류	성상	동점도 cSt mm ² /cm (40℃)	지방유분(%)	염소분 (%)	전유 황분 (%)	동판부식		인화점 (℃)	유동점 (℃)	내하중 성능 (kg/cm ²)				
						100℃,1h	150℃,1h							
1종	1호	10미만	3이상8미만	-	-	-	1이하	70이상	-	1.0이상				
	2호		8이상15미만											
	3호		15이상											
	4호	10이상	3이상8미만											
	5호		8이상15미만											
	6호		15이상											
2종	1호	10미만	-	1이상5미만	5 이하	2이하	* 2이상	70이상	-5.0 이하	2.0이상				
	2호			5이상15이하										
	3호	10이상	3이상10미만	1이상5미만										
	4호			5이상15이하										
	5호		50미만	10이상				1이상5미만						
	6호	5이상15이하												
	11호	10미만	-	1이상5미만										
	12호			5이상15이하										
	13호	10이상	3이상10미만	1이상5미만										
	14호			5이상15이하										
	15호		50미만	10이상				1이상5미만						
	16호	5이상15이하												
	17호	50이상	-	-				5이상15이하			-	150이상	-	-

(주) * 유행계 극압첨가제 첨가한 것에 적용한다.

4-2. 절삭유제의 선정

절삭유제의 선정에 있어서는 가공, 관리, 위생, 설비특성이 중요한 기준이 된다.

① 선정기준



① 가공법, 피삭재별 선정기준

가공법	피삭재질	양호				절삭성		불량
		합금강 AI합금	주철	탄소강 (C 0.3%↓) 저합금강	탄소강 (C 0.3%↑)	고합금강	SUS강 내열강 티탄합금	
<p>빠름</p> <p>↑</p> <p>↓</p> <p>느림</p>	<p>용이</p> <p>↑</p> <p>↓</p> <p>어려움</p>	선삭	경가공 ←					
		밀링	↑					
		보링						
		드릴링						
		리머						
		컨드릴 컨리머						
		탭						
		나사절삭						
		기어커팅						
		브로치			→		난가공	

수용성 절삭유제 사용영역

비수용성 절삭유제 사용영역

5. 절삭유의 종류와 특성

과거에는 절삭가공에서 피삭성이나 작업상의 개선 및 향상을 목적으로 액체, 가스, 고체, 점조상 물질등이 보조제로써 사용되었으나, 현재는 절삭유제가 널리 사용되고 있다.

절삭유제는 크게 비수용성과 수용성으로 분류된다.

5-1. 비수용성 절삭유

광유에 지방유, 또는 각종 첨가제를 1종 또는 2종 이상 혼합하여 사용하고 있다.

- 1) 광유:등유, 경유, 스피들유, 기계유 등의 혼합물
- 2) 혼합유:광유에 동식물류, 지방산, 지방산 에스테르 등의 유성향상제를 혼용한 것
- 3) 극압유:광유에 황(S), 염소(Cl), 인(P)등의 유기화합물의 극압첨가제를 첨가한 것

● 종류

1종(1~6호)	광유 또는 광유+지방유로 구성
2종(1~8호)	광유 또는 광유+지방유+염소, 황 동판부식(100℃)에서 2이하
3종(1~8호)	광유 또는 광유+지방유+염소, 황 동판부식(100℃)에서 3이상

1) 1종(유성계)

- a) 점도가 낮은 것 (40℃, 10cSt)과 높은 것(40℃, 10cSt이상)으로 나눈다.
 1~3호 : 점도 10cSt미만,
 4~6호 : 점도 10cSt이상

- b) 지방분은 낮은 것에서 높은 것으로 3단계 나눈다.

지방분 함유량 / 점도	10 cSt 미만	10 cSt 이상
8%미만	1호	1호
8~15%	2호	2호
15%이상	3호	3호

2) 2종(불활성형)

동판부식 실험시 부식정도가 2이하인 경우이며, 지방, 염소, 동점도에 따라 1~6호로 세분화 불활성형은 극압제가 상온에서 반응하지 않고 가공중 절삭열에 의해서 반응하는 것을 말한다.

3) 2종(활성형)

동판부식 정도가 3이상인 경우이며, 극압제가 상온에서 피삭제와 반응하는 것을 말한다.

● 특성

항목	유종	유성형 (KS 1종)	불활성	활성
			극압형 (KS 2종 1~6호)	극압형 (KS 2종 11~17호)
경계 윤활성		떨어짐	↔	우수함
반 용 착 성		떨어짐	↔	우수함
가공면 조도		떨어짐	↔	우수함
고온시 화학마모		작음	↔	큼
동합금 변색성		작음	↔	큼
용 도		가벼운 절, 연삭	Mill, g, Hobb 'g, Shapper	Broach, tap, shav 'g

5-2. 수용성 절삭유

● 종류

Emulsion형 (W1종)

1호 : 극압 첨가제를 함유하지 않고 주물, Al 및 Al합금의 절삭가공에 적용된다.

2호 : 염소계 극압 첨가제를 함유하고 일반절삭 및 중절삭 가공용으로 적용된다.

3호 : 비철금속의 절삭가공에 적용된다.

☞ 물에 희석하면 우유색의 Emulsion을 나타냄
 절삭가공에 10~30배, 연삭가공에 40~60배 희석 사용함.

주성분은 광유 + 계면활성제 + 기타 첨가제

Soluble형 (W2종)

1호 : 극압 첨가제를 함유하지 않고 연삭가공에 적용된다.

2호 : 극압 첨가제를 함유하고 주로 연삭가공용이며 때로는 절삭가공에도 사용된다.

3호 : 비철금속의 연삭가공에 적용된다.

☞ 물에 희석하면 투명 혹은 반투명을 나타냄.
 세정성이 우수하여 강, 합금강 및 주철의 절, 연삭가공에 적용됨.

주성분은 음이온 및 비이온계 계면활성제 + 지방산

항목 / 유종		W1종 (Emulsion형)			W2종 (Soluble형)			고농도 사용
		1호	2호	3호	1호	2호	3호	
1차	윤활성	◎	◎	◎	△	◎	△	↑
	항용착성	-	◎	-	-	◎	-	↑
	냉각성	△	△	△	◎	◎	◎	↓
2차 성능	방청성	◎	◎	△	◎	◎	△	↑
	안정성	△	△	△	◎	◎	◎	-
	소포성	◎	◎	◎	△	△	△	↓
	내부패성	△	△	△	◎	◎	◎	↑
	비철금속 방식성	△	△	◎	△	△	◎	-

◎ : 우수함, △ : 약간 열세함, ↑ : 상승함, ↓ : 저하함

6. 절삭유의 관리와 환경대책

6-1. 수용성 절삭유 관리

1) 수질관리

희석수질은 희석액의 안정성, 방청효과에 영향을 주므로 증류수가 가장 좋고, 상수도물은 차선으로 이용되나 공업용수나 우물물은 적당하지 않다. 이것들은 가용성 광물질을 함유하는 경수로서 Fe, Ca, Mg, Cl, SO 등의 이온을 함유하고 있으

므로 유화안정성, 방청효과에 장애가 되는 경우가 많다. 희석액의 조제순서는 유제탱크에 소요량의 물을 넣고 충분히 교반하면서 원액을 서서히 가하여 희석한다.

수분이 절삭유에서 90%이상을 차지하기 때문에 수용성 절삭유의 성능은 수질에 큰 영향을 또 희석수에 지하수나 배수처리수를 이용한 경우에는 수질이 시간경과에 따라 변화할 경우가 있으므로 정기적인 수질검사가 필요하다.

● 공업용수의 기준

PH		경도		인산이온		염소이온		황산이온		생균수				
9.0	높을시 피부염	200	스김,부패 액안정성 불량	20	↑ 부패	20	↑ 녹	20	↑ 녹	108	↑ 부패			
8.0		100		양호		10		10		양호		10	양호	107
7.0														양호
6.0	녹,부패 안정성 저하	20	거품발생	1	0	0	0	0	0	105	양호			
5.0										양호		104		
										0		양호	103	
			ppm		ppm		ppm		ppm		(개/ml)			
대책		경수 연화제 빠른 교환주기 소포제 첨가		방부제 및 PH향상제 첨가 빠른 교환주기		액 농도 UP 빠른 교환주기		액 농도 UP 빠른 교환주기		방부제 PH향상제 첨가				

2) 농도관리

수용성 절삭유제는 소정의 농도로 희석된 경우에만 유효한 기능을 발휘하도록 설계되어 있다.

고농도 → 거품발생이나 피부염 발생 우려
저농도 → 가공불량이나 녹 발생 및 부패의 트리블 발생

[농도관리 방법에 대하여]

- ① 농도관리의 체제를 만든다.
-유제의 통일, 전임 관리자를 정한다.
- ② 정기적인 농도 측정을 하고, 농도 보정을 한다.
-간이측정기구에 의한 농도측정
- ③ 원액과 물의 보급을 적절하게 한다.
-농도저하의 최대 요인을 해결한다.

2) 부패관리

미생물이 가능한 증식하지 않도록 할 것과 증식한 미생물은 빨리 살균시키는 것이 POINT

[부패방지 대책에 대하여]

- ① 내(耐) 부패성능이 양호한 절삭유제를 선정한다.
- ② 타유의 혼입을 억제한다.
- ③ 칩을 사용유 외부로 제거한다.
- ④ 인산 이온의 혼입을 방지한다.
-세정제와 희석수에서 사용유에 혼입하는 것이 많은 인산 이온은 미생물의 영양원으로서 증식을 촉진한다.

⑤ 사용유 농도를 적정하게 조정하여 pH를 9이상에서 유지한다. 간이 메타와 PH시험지를 일상 관리에 사용하면 좋다.

⑥ 정기적으로 사용유중의 미생물에 대하여 검사한다. 미생물은 시판되는 간이 측정기구로 용이하게 측정할 수 있다.

⑦ 미생물의 증식이 확인되면 살균제를 사용유중에 필요량을 첨가하여 살균한다.

⑧ 연휴대책
-연휴 등에 기계를 정지시킬 때에는 미리 방부제를 사용유에 첨가하여 놓는다.

4) 청정화관리

Coolant를 오염시키는 물질에는 Chip과 타유가 있다

정기적인 청소작업과 누유의 방지가 청정화 관리의 기본이다.

① 칩제거장치

컨베이어식, 마그네틱, 원심분리식, 하이드로 메이선 등이 있는데, 칩제거 장치는 절삭 칩의 크기와 양, 형태를 고려하여 적절한 장치를 선정해야 합니다.

② 타유(他油)의 제거장치

특히, 특수한 친유성의 벨트에서 부상유(浮上油)를 회수하는 부상유 회수장치가 개발되었는데, 이 장치는 종래의 오일 스커머보다도 능률적으로 부상유를 회수하는 것이 가능하다.

● 수용성 절삭유 관리항목

항목	측정목적	관리치(예)	비고
외관의 관찰	액오염,변질유무	현저한 변색이 없을 것	관능검사(눈)
냄새의 관찰	부패유무	부패취가 없을 것	관능검사(코)
PH	변질,부패징후 추정	8.5이상 유지할 것	PH시험지,Meter
농도	1,2차 성능 판정	추천농도 이상	농도계
타유혼입량	열화,부패 주의신호	2.0% 이하	-
방청성	방청성,열화 판정	6시간 녹발생 없을 것	주물침법
생균수	부패진행도 판정	10 ³ 개/ml이하	간이KIT,배지
원액-희석수 보급	사용액 농도 추정	-	-
윤활유-작동유 보급	타유혼입량 추정	-	-

6-2. 비수용성 절삭유 관리

1) 가공성의 판정

☞ 공구수명이나 가공품위가 저하하지 않는가

2) 외관변화의 관찰

☞ 색이나 혼탁한 변화는 없는가, 이물질의 확인
수분 혼입시 외관의 변화, 방청성능의 저하, 윤활성능의 저하등의 문제가 발생되므로 유제의 보관방법 및 가공공정의 변경, 방수벽 설치등의 대책 필요

3) 점도의 관찰

☞ 변질정도, 윤활유 혼입정도의 관찰

4) 윤활유,작동유의 보급량 관리

☞ 타유 혼입량의 목안

타유의 혼입에 의해, 첨가제의 농도가 저하해서 1차 성능상의 문제 (공구수명,사상면 조도불량, 치수불량)가 발생하기 쉽다.

5) 수분관리

절삭유는 사용중에 수분이 혼입되면 투명도를 잃고, 유화상이 되는 경우가 있다.

그 결과 점도증가, 성능저하, 부식현상을 일으킨다. 절삭유는 미량의 수분을 흡수하기 쉬운 성질을 갖고 있으며, 특히 유온의 변화가 큰 경우에 일어나기 쉬우므로 항상 외관상의 관찰과 함께 수분측정을 해서 유리수분(遊離水分)은 제거해야 한다.

염소계 극압제를 함유한 절삭유제의 경우 수분 혼입시 염소계 극압제의 가수분해에 의해 염산을 생성시켜 공구수명의 저하 및 녹발생의 원인이 된다.

● 비수용성 절삭유 관리항목

항목	측정목적	비고
외관의 관찰	수분,기타 이물질의 혼입,변질유무 판정	육안
점도의 측정	변질정도, 윤활유 혼입정도	점도계
인화점의 측정	경질광물류 혼입유무	인화점 기기
극압제의 정량	1차성능 판정기준, 윤활유 혼입유무	원소분석
산가의 측정	변질정도	정성분석
수분의 측정	1차성능, 녹의 판정기준	수분측정기
윤활유-작동유 보급	혼입량의 추산	-

6-3. 절삭유제의 환경대책

1) 발연,MIST

a) 절삭조건이 가혹해짐에 따라 발연,MIST량이 증대된다.

이 결과 작업환경이 악화되어 인체에 대한 영향도 나쁘고 또한 화재발생의 위험성도 증대된다.

b) 대책

- 배기장치의 설치와 배기능력의 향상
- 유제공급량의 증대
- 고점도 유제의 사용
- 수용성 유제의 검토

2) 화재예방

a) 비수용성 유제는 일반적으로 광물류를 기본으로 하는 가연성 액체로서, 소방법에 정해진

위험물 제4류 제3석유류 (인화점 70℃~200℃)에 속한다.

b) 대책

- 비수용성 유제의 보관, 사용에 대해서는 소방법에 의거한 취급법에 따른다.

3) 피부염

a) 유제 사용시

- 유제성분의 자극에 의한 유성피부염
- 땀샘,모혈을 막는 현상에 의해 발생하는 유진
- 피부의 지방분 탈지작용에 의한 피부건조(피부 갈라짐) 등이 있다.

b) 대책

- 피부 보호크림의 사전도포
- 필요이상의 고농도 사용금지 (수용성 절삭유)
- 보호장갑의 착용
- 작업의 자동화
- 피부를 청결히 할 것
- 오염된 작업복의 교체
- 알레르기 체질인 작업자의 작업장 전환배치
- 사전 예방교육 <끝>