

金屬冷間 引拔加工(追伸加工)의 Tribologists

Tribologists of Drawing Oil for a Wed Strip Iron Mills

목 차

- | | |
|-------------------------|------------|
| 1. 서론 | 4. 탈지 |
| 2. 소성가공(塑性加工)과 인발유(引拔油) | 5. 신선유의 관리 |
| 3. Stainless강선과 신선유 | 6. 맺는 말 |



金 柱 恒*
Kim, Ju Hang

1. 서론

인발가공(引拔加工)이라고 하는 가공법(加工法)은 간략하게 말해 Dies에 금속재료를 통과함으로써 인발(引拔)에 의해 소정의 단면형상(斷面形狀), 치수(寸法)의 제품을 얻게되는 공정으로 이의 원리는 대단히 단순하면서도 간단하다.

그러나 이에 사용되고 있는 신선유제(伸線油劑)는 금속의 종류, 선(線)을 비롯한, 봉(奉), 관(管) 등의 형상(形狀), 치수에 따라 그 종류는 대단히 많다. 따라서 가혹(苛酷)한 인발가공에서 사용되어지는 윤활제(潤滑劑)의 조건은 윤활성을 비롯하여 여러 가지 성능 요구에 만족시

키지 않으면 안되는 것도 신선유의 종류를 많이 하고 있는 하나의 인자로서 되고 있다.

한편 최근에는 Titan합금 등의 신소재도 인발가공 되고 있는 것과 같이 가혹한 조건하에서의 새로운 윤활제가 요구되고 또한 필요로 하고 있다. 이와 같이 인발가공 환경변화에 적용되고 있는 각종 신선유에 대하여 간략하게 기술하고자 한다.

2. 소성가공(塑性加工)과 인발유(引拔油)

2-1 소성가공

금속에 탄성한계(彈性限界)이상의 외력(外力)

*공업화학·대기관리기술사, 안산공업전문대학 교수, 본회 상임이사.

을 가해 목적하는 치수(寸法), 형상(形狀)으로 소성변형 시키는 것을 소성가공 이라고 하고 가공에는 Press가공, 압연가공(壓延加工), 압출가공(壓出加工), 단조가공(鍛造加工), 전조가공(轉造加工), 인발가공(引拔加工) 등이 있으며 사용하는 가공유도 용도에 의해서 분류되어 불려 지고 있다.

2-2 신선유의 역할과 요구특성

신선유(伸線油)는 금속의 냉간인발가공(抽伸加工)에 사용되는 윤활제로서 인발유(引拔油)라고도 하며 이의의 역할로서는

- 금속재료와 공구(Dise, Plug) 표면의 소부방지(燒付防止)
 - 인발력(引拔力)의 저감(低減)
 - 금속재료와 공구(工具)의 냉각
 - 가공후 금속재료의 방청과 방식(防食)
 - 금속재료의 세정(洗淨)
- 등의 역할 목적을 달성시킬 수 있도록 하여야 한다.

또한 신선유의 요구 특성으로서는

- 재료와 공구의 용착(融着), 소부방지(燒付防止)가 가능하여야 하고, 재료와 공구간의 마찰을 감소시키고 생산효율을 향상시킬 수 있는 윤활성이 있어야 한다
- 인발조작(引拔操作)에 적절한 온도까지 공구와 재료를 냉각시킬 수 있는 냉각성(冷却性)이 부여되어야 한다
- 장기간 순환(循環) 사용하여서도 열화(劣化) 변질하지 않도록 산화안정성이 주어져야 한다
- 가공 마무리제품의 장기보관이 가능토록 방청, 방식성이 우수해야 한다
- 가공 마무리제품의 세정이 우수한 탈지성(脫

脂性)이 있어야 한다

- 기포발생이 쉽게 소멸(消滅)될 수 있도록 소포성(消泡性)이 우수하여야 한다.
- 소둔 후(燒鈍後) 잔류(殘留)하는 Carbon이 적은 소둔성(燒鈍性)이 양호하여야 한다.
- Gear oil, 기타 다른 加工등과 같은 이종 Oil(異種油)의 혼합영향을 받지 않도록 화학적으로 안정성이 우수하여야 한다.
- 사용제(使用劑)의 폐유처리가 용이(容易)하도록 폐유처리성이 우수하여야 한다.
- 피부(皮膚)가 거칠어진다던가 유해가스 발생 등으로 인체에 대하여 해가 없고 취기가 적은 저공해성(公害性)이 우수해야 하는 등 이밖에 인발성에 악영향이 없는 한계(限界)의 저점도유(低粘度油)로서 되는 것이 작업성(作業性)이나 탈지성(脫脂性), 유소비량(油消費量)의 관점에서 유리(有利)하게 된다.

인발가공은 금속의 가공 중에서도 대단히 과혹한 조건에서 행하여지고 있는 가공방법 이기 때문에 상기 신선유에 대한 요구 특성 중에서도 특히 윤활성이 우수한 것이 가장 중요한 항목이 되고 있다.

따라서 이같은 윤활성 때문에 방청, 방식성이나 탈지성 등 다른 항목의 특성 Balance가 유지되지 못하는 경우도 종종 발생됨으로 인하여 신선유가 갖는 커다란 문제점의 하나가 되고 있기도 하다.

2-3. 인발유의 종류와 선정

인발유제(引拔油劑)의 종류는 상태(狀態) 분류로서 건식(乾式)과 습식(濕式)으로 나누고 전자의 경우는 분말상(粉末狀)윤활제, 화성처리(化成處理)윤활제, 수지피막제(樹脂皮膜劑)로

후자의 경우는 유성윤활제(油性潤滑劑), 수용성 윤활제(水溶性潤滑劑)가 있으며, 신선유는 인발유제 가운데서 습식(濕式)윤활제로 분류된다.

이에 인발유제의 선정의 중요 Point의 하나가 되고 있는 구성요소의 Type이나 주용도, 그리고 제 각기의 특성적인 장단점(長短點)을 살펴 보면 <표 1>에 나타낸 바와 같다.

2-4. 인발가공의 특수성

인발가공에 사용되고 있는 윤활유에 있어서

최대의 관점은 금속재료(金屬材料)와 공구(工具)간에 “소부(燒付)”와 금속재료의 “파단(破斷)”이다.

이것은 가혹한 윤활 조건하에 있어서 유막(油膜)의 파단(破斷)으로 발생된 결과로 나타내어진 현상이라고 할 수 있다.

따라서 윤활조건을 과혹하게 하고 있는 인발가공의 특수성을 살펴보면 다음과 같다.

-Dies나 Plug는 탄성변형(彈性變形)으로 되어 있으며 금속재료는 소성변형(塑性變形)으로

<표 1> 인발유의 종류와 특성

상태	종류	구성	주용도	특 징	
				장점	단점
건식	분말상 윤활제	금속비누 graphite MoS ₂ 석회 붕사지	강, Stainless Titane, Nickel 선의 인발	①윤활성이 양호 ②산중화 능력이 있다(단, graphite, MoS ₂ 는 제외)	①탈지성이 불량 ②분말이 비산하기 쉽다. ③Die box내에서 굳어지기 쉽다. ④가격이 높다.
	화성처리 피막	인산염피막 수산염피막	강, Stainless강의 봉, 관의 인발	①극히 윤활성이 좋다 ②방청성이 있다	①공정이 복잡하다 ②Lining cost, 폐액처리 비용이 높다 ③관리가 복잡하다
	수지피막	Polychloridevinyl 기타 polymer	Stainless강선 인발	윤활성이 양호하다	①가격이 높다 ②용재를 사용함으로써 인화성, 독성에 문제가 있다. ③Film의 제거가 어렵다
습식	유성윤활제	광유+유성제	동합금, Aluminum, Aluminum합금봉의 인발	①점도조정이 가능하고 응용범위가 넓다. ②첨가제의 선택에 의해 넓은 범위의 적용이 가능 ③방청성을 부여 한다 ④가격이 저렴하다	①화성처리 등과 비하여 윤활성이 떨어진다. ②온도에 의한 점도변화가 있다 ③작업환경을 오염시키는 경우가 있다
		광유+유성제+polymer(고점도유)	동, 동합금, Aluminum합금봉의 인발		
		광유+유성제+극압첨가제	강, Stainless강선, 봉의 인발		
수용성윤활제	Emulsion Soluble Chemical solution	동, 동합금선, 동합금관의 인발	①물과의 희석율에 준하여 광범위한 가공 조건에 적용된다 ②냉각능력이 양호하여 고속가공에 적합하다 ③탈지성이 양호 ④Lining cost가 저렴하다	①윤활성이 불량함 ②방청성이 불량함 ③폐액처리가 복잡함 ④관리가 복잡함 ⑤부패하기 쉽다	

되어 있기 때문에 그의 면압(面壓)은 1,000-20,000Kgf/cm²로 비교적 높아, 인발면에 있어서의 윤활은 일반적으로 유체윤활(流體潤滑)보다도 경계윤활(境界潤滑)에 가까운 상태가 되어 용이하게 금속접촉상태(金屬接觸狀態)로 되기 쉽다.

-접촉면(接觸面)에 있어서 미끄럼 속도는 부분적(部分的)으로 되고 또한 그의 미끄럼 거리는 다른 가공과 비교하여 길기 때문에 유막의 파단이 발생하기 쉽다.

-마찰열(摩擦熱)과 소성변형열(塑性變形熱)의 발생에 의하여 금속의 종류에 따라 Dies온도가 100~300°C로서 고온이 된다.

-항상 금속재료 처녀면(處女面)이 공구표면에 접한다.

이와 같은 조건하에서 사용되고 있는 신선유는 유막파단(油膜破斷)을 방지하기 위하여 다량의 유성향상제(油性向上劑)를 비롯하여 극압첨가제(極壓添加劑)가 첨가되어 있는 것이 많이 있다.

2-5. 부식과 녹의 원인

신선유는 다량의 첨가제가 혼합되어 있기 때문에 금속표면에 부식이나 녹이 생기는 것이 때때로 발생하게 되는데, 이에 금속재료별 인발유와 관련하는 문제점을 살펴보면, <표 2>에 나타낸 것과 같다.

3. Stainless강선과 신선유

각종 인발유 가운데서 Stainless강선(細徑)에 사용되고 있는 신선유에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

<표 2> 금속재료의 부식과 녹의 원인과 문제점

금속재료	원 인	문 제 점
동, 동합금	활성유황계유의 사용	표면의 변색(黑化, 赤化)
	유리지방산을 많이 함유하고 있는 OIL을 사용	표면 및 인발유 자체의 녹화(綠化)광택 불량
Aluminum, Aluminum합금	염소계유의 사용, 수용성유의 사용	백색녹의 발생, 광택불량
강, 합금강	방청제 무첨가유의 사용 수분혼입유의 사용 염소계유의 사용(적색녹 발생)	녹 발생
Stainless강	염소계유의 사용	응력 부식 떨어짐이 발생
	강, 합금강 경우와 같다	ferrite계의 경우 녹발생

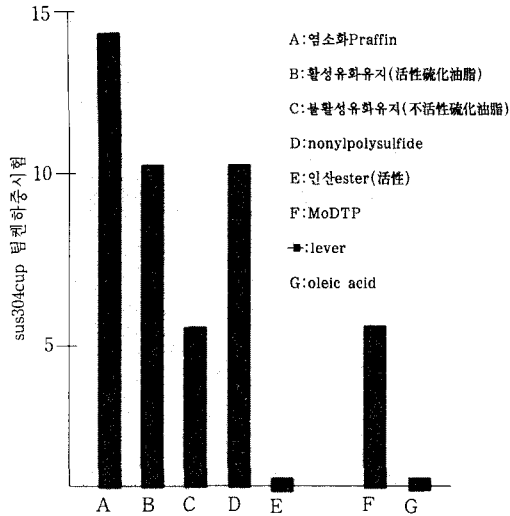
3-1. 신선유의 구성

Stainless강선의 인발에는 일반적으로 금속비누 등을 사용하는 건식윤활이 행해지는 경우가 많이 있으며, 세선(細線)의 경우에는 염소계 극압첨가제를 다량 함유하는 유성(油性)type의 인발유가 사용되고 있다.

특히 Stainless강에 대한 염소계 극압첨가제의 첨가는 다른 극압첨가제에 비하여 극압효과가 대단히 우수하기 때문에 이와 같은 처방은 stainless강에 대하여 특효약전과 같은 구성인자로 되어지고 있다

다만 문제점이 있다면 응력부식이나 일부 Stainless강에 발청문제가 야기되고 있으나, 극압효과에 있어서 SUS-304 cup을 사용한 팀켄 시험을 통해 다른 극압제와 비교한 결과를 살펴보면 <그림 1>에 나타낸 것과 같다.

이의 결과 Stainless강에 대해서는 염소계 극압첨가제로 되는 염소화 paraffin이 발생하중(發生荷重)이 높고 극압 첨가제로써 유효하게 효력을 나타내주고 있다는 것을 알 수가 있으며 따라서 이에 염소계 극압제의 우수성 발휘 효과가 입증되고 있다.



〈그림 1〉 극압제가 미치는 발생하중

3-2. 인발성에 미치는 동점도의 영향

일반적으로 추신(抽伸)가공에서 소부방지성을 부여하여 주기 위하여서는 인발유의 점도를 높게 하는 Balance 이론에 의해 향상시키는 방법이외는 없다.

Stainless강선의 경우도 마찬가지로 aluminium선과 유사한 거동(舉動)을 나타내어 선경(線徑)이 크게 되기 때문에 인발유의 점도를 높여 줌으로서 소부가 발생되지 않는 인발이 행하여 질 수가 있다.

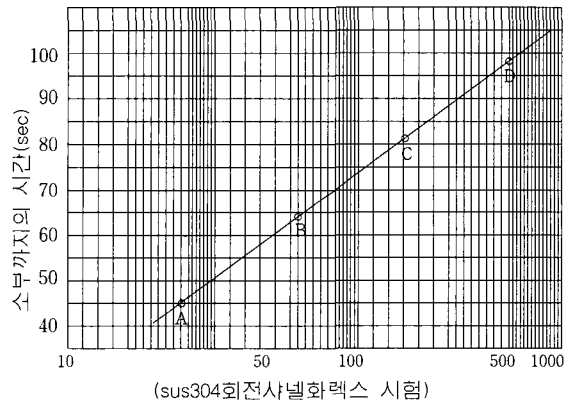
이의 한 예로서 〈표 3〉에서 보는 바와 같은 각종 stainless강선용 신선유를 화렉스시험기를 사용하여 특수한 시험방법에 의해 평가한 결과를 〈그림 2〉에 나타내 보았다.

이에 stainless강선용 신선유의 성상은 〈표 3〉에서 보는 바와 같이 시료유 A, E, F의 동점도가 동일한 stainless강선용 신선유의 경우 염소분(鹽素分)이 많을수록 소부방지성이 높게됨을 알 수 있으며 한편 〈그림 2〉에서 이의 경향을 명확하게 나타내 주고 있음을 알 수가 있듯이

stainless강선 인발에 사용되는 신선유에 특성 인자에 대하여서는 동점도 〈그림 2〉와 염소량 〈표 3〉이 극히 중요한 의미를 갖고 있다고 정의할 수가 있다.

〈표 3〉 stainless강선용 신선유의 성상

항목		시료유					
		A	B	C	D	E	F
성상	동점도 (cst, 40°C)	28	58	142	483	28	28
	염소분(wt%)	12	12	12	12	10	20
화렉스시험(600lbs), 소부까지의 시간(sec)		45	50	75	96	42	58



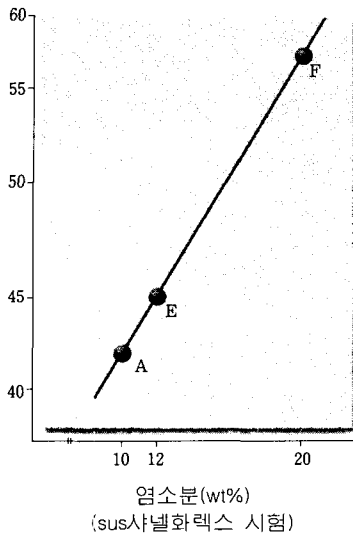
〈그림 2〉 소부방지성에 미치는 동점도의 효과

4. 탈지

4-1. 가혹한 인발가공의 탈지

인발가공(引拔加工) 공정이 끝난 후의 재료표면(材料表面)에는 0.1~5 μ m의 유막(油膜)이 부착(附着)하게 된다.

이의 유막은 제거되지 못한 채 그대로 다음 공정(工程)의 소둔(燒鈍)이나 다른 가공 공정으로 보내지는 것도 있지만 대부분의 경우는 석유계 및 염소계, 불소계의 유기용제나 알칼리수용액 탈지제, 또는 산세(酸洗)에 의하여 탈지(脫脂)를 행하게 된다.



〈그림 3〉 소부방지성에 미치는 염소분의 효과

이때에 과혹(過酷)한 인발가공(引拔加工)으로 사용되는 신선유 일수록 탈지가 곤란한 경향이 있다.

동선(銅線:太徑) 및 동합금선의 인발에는 Rapeseed oil 등 천연유지(天然油脂)가 쓰여지는 경우가 많이 있지만 이와 같은 것은 건성유(乾性油)로 되기 때문에 금속표면(金屬表面)에서 산화(酸化)를 받게되어 고화(固化)되어져서 두껍게 되므로 제거가 어렵게 된다.

이의 대책으로서 광물유(鑛物油)와 유지혼성유(油脂混成油)를 사용하는 것이 효과적으로 되어지고 있다. Aluminium선의 인발에는 유성윤활제(油性潤滑劑)가 많이 쓰여지고 있으나 수용성윤활제는 거의 사용되지 않고 있다.

Aluminium선도 인발을 할 때에는 선경(線徑)이 큰 것일수록 점도가 높은 신선유가 사용되고 있다. 예를 들면, 100 μ m ϕ 전후의 선경(線徑)의 경우에는 2~3cst, 40 $^{\circ}$ C의 신선유가 적합하나, 10mm ϕ 정도의 경우에는 1000cst, 40 $^{\circ}$ C 전후의 신선유가 사용되고 있다.

이와 같은 aluminium선은 인발 후에 trichloroethylene, 1-1-1-trichloroethylene와 같은 염소계 유기용제 등이나 또는 불소계의 유기용제로써 탈지를 하는 것이 많다.

이의 경우에 고점도유의 신선유는 제거하기가 어렵고, 특히 전자관련기기(電子關聯機器)에 쓰여지고 있는 aluminium선으로써 문제가 되고 있는 것이 많다. 이의 대책으로서는 마무리 인발을 낮은 duction으로만 할 수 있기 때문에 저점도(低粘度)의 신선유를 사용하여 처리하게 된다.

강이나 일반적으로 세경(細徑)인 stainless강선에 사용되고 있는 신선유에는 유황계 및 염소계의 극압첨가제가 다량으로 첨가되어지고 있는 윤활제가 쓰여지고 있다.

전술한 바와 같이 유황이나 염소는 소부방지에는 대단히 유효하지만, 선의 부식이나 녹의 원인이 되기 때문에 필히 제거하지 않으면 안된다.

특히 염소는 stainless강선의 인발에 불가결(不可缺)한 것으로써 되고 있지만, 강선에 사용할 경우에는 적색녹의 원인이 되는 경우가 대단히 많기 때문에 충분히 탈지를 한 후 녹방지유를 도포(塗布)해 줄 필요가 있다.

탈지제로써는 석유계용제, 염소계유용제, 알칼리 탈지제, 산세(酸洗) 등 여러 종류가 사용되고 있으나 어쨌든 탈지 이후에 유황, 염소가 잔류(殘留)하지 않도록 주의가 필요하며, 적절한 녹방지유를 바르는 조작이 필요하다.

또한 stainless강선을 산세한 후 소둔(燒鈍)을 실시할 경우 산(酸)이 선표면에 잔류하게 되면 소둔하는 것과 선표면에 흑색이 되는 원인이 되기 때문에 산세 후에 충분한 수세(水洗)가 필요하게 된다

4-2. 마모분의 제거

신선유에는 그 밖에 많은 문제점이 있기 때문에 여기에는 윤활성을 향상시킴으로서 장해의 원인이 되는 것도 많다.

이의 한 사례로서 윤활성을 향상시킨다면 탈지성이 떨어지는 것과 같이 상반되는 현상이 발생한다든가 그 밖에 [윤활성-소둔성], [윤활성 - 취기, 공장 내의 오손 등과 같은 작업환경], [윤활성 - oil의 소비량] 등이 있다.

또한 신선유가 갖고있는 공통적인 문제점은 사용되고 있는 신선유 가운데의 마모분의 제거가 된다.

특히 aluminium선이나 stainless강선용 등에 사용되고 있는 고점도 윤활유의 여과는 대단히 곤란하기 때문에 금후 유효적절한 여과 방법이 개발되지 않으면 안된다.

5. 신선유의 관리

Dip tank에 의한 침적식도포(侵積式塗布)나 순환식으로써 반복하여 사용되어지는 신선유는 장기간 사용하는 동안에 oil 자체의 열화(劣化)나 대부분이 마모분과 같은 이물의 혼입 등으로 성상변화가 일어나는 원인으로써 이에 결과 인 발생이나 방청, 방식성의 악영향을 주기 때문에 유제의 관리는 대단히 중요하다.

5-1. 유성윤활제

(1) oil 교환의 시기

순환식에서 사용되고 있는 신선유에는 사용 중에 금속 마모분이 다량으로 혼입되어 선풍면에 상(傷)의 발생이나 dies의 이상마모, oil의 이상점도 상승 등과 같은 현상이 일어나서 oil을

교환하지 않으면 안된다.

oil의 교환시기는 금속의 종류, 가공의 난이도, 기계의 가동율, 신선유 tank의 대소 등에 의해서 다르다.

따라서 정기적으로 각 기계의 신선유에 오손된 상황을 체크하여 그 기계에 적당한 oil 교환 간격을 결정하고 한편 신선유의 체크 항목에 있어서도 oil 교환기준을 설정해 주어야 한다.

신선유를 교환하는 이유는 거의 금속 마모분의 혼입이 증가하게 됨으로 인하여 얘기하지 못한 Trouble이 발생할 수도 있으므로

사용 중에 신선유의 성상 체크는 매우 중요하며 이의 관리방법은 오손상태와 점도의 상승을 중심으로 체크하는 것이 필요하다. 성상체크 간격은 최초 oil교환 기준 결정을 목적으로 하는 경우, 짧게는 2, 3주일이 바람직하다.

(2)관리방법

유성형 윤활제의 체크항목과 체크의 목적에 대하여 요약하면 다음 <표 4>에 나타낸 바와 같다.

<표 4> 유성type 신선유의 체크 항목

항 목	체크의 목적
점도	오손에 의해 점도 상승, 타종류의 혼입에 의한 점도 변화의 확인
회분	금속 마모분량의 확인
전산값	oil자체 열화의 확인

5-2. 수용성윤활제

Emulsion type, soluble type 등 수용성유를 침적방식에서 사용하는 경우는 항상 유분, pH를 체크해서 원액 또는 물 공급에 의해 사용액의 조정을 행한다.

이 경우 거의 oil 교환을 행하지 않고 보충만

행하고 있지만 1년에 한 번씩 교환해서 사용하는 것이 바람직하다. 순환방식에서 수용성유제를 사용하는 경우 침적식에 비해서 금속 마모분이 혼입량이 많고 유온(油溫)도 높아지기 때문에 이에 관리는 충분한 주의가 필요하게 된다.

수용성 type의 신선유 체크 항목을 간추려 보면 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) 열화 및 오염상황

수용성유 자체의 열화나 첨가제의 소모는 유막 파괴에 의해 인발성이 저하되어 일어나게 되며 또한 emulsion계내의 마모분이나 먼지의 혼입은 선표면의 상(傷)의 발생원인이 된다.

(2) 유화 안정성

Tank내에서 신선유의 유수분리는 인발성의 저하의 원인을 제공하여 주게됨으로 커다란 문제를 야기시키게 된다.

이에 유수분리정도를 체크하기 위해서는 사용중 신선유의 유화상태 및 tank 상부의 scum 분리 상황을 조사하여 조치를 취하도록 한다.

(3) 방청성, 소둔성, 기포성

수용성 신선유는 사용함에 의해 방청성, 소둔성, 기포성이 변화되기 때문에 이와 같은 영향의 인자를 없애기 위해서는 제반Trouble 발생 이전에 대처할 필요가 있다.

이에 제반 신선유의 관리상황에 따른 체크 항목을 간추려 보면 다음 <표 5>와 같다.

6. 맺는 말

간략하게나마 금속의 냉간 가공의 Tribologists에 대하여 살펴보았다.

신선가공은 선재가 Dies면을 따라서 변형(變形)함에는 높은 면압(高面壓), 높은 온도(高溫

度)로 되어지며 또한 신생면(新生面)이 노출(露出)되는 가혹한 조건하에서 역성가공이 이루어지게 된다.

따라서 선재와 Dies면의 경계 사이에 윤활막(潤滑膜)이 없는 경우에는 Dies면 금속(金屬)의 응착(凝着)이 발생하거나, Dies면이 파손(破損)되게 되어 소재표면을 손상함에 원활한 소성변형(塑性變形)이 저해(沮害)하게 된다

이러한 현상은 건식(乾式)이나 습식(濕式) 유성(油性)의 어느 신선방법에 있어서도 발생할 수 있는 것으로 이와 같은 Trouble을 방지하기 위하여서는 윤활제의 선정 등에 의하여 유효한 윤활막(潤滑膜)의 생성과 양호한 윤활상태를 지속(持續)하는 것이 필요하다.

한편 이러한 신선가공에 있어서 윤활의 역할은 소성변형(塑性變形)을 용이하게 하는 것 이외에도 마찰이나 변형에 의하여 발생하는 열(熱)을 축소시키거나 또는 단열(斷熱)하여 제품의 인성향상(靱性向上)을 비롯한 요구되는 마무리선(線)의 표면상태(表面狀態)의 조정(調整)이나 단속(斷續)되는 마찰에 의한 일Energy의 저감화(底減化) 등이 있고 보면 이들 목적에 적합한 윤활상태의 선택과 유지가 매우 중요하다고 할 수 있다.

참고문헌

1. 柳原正義 : 鋼板用冷間壓延油의 現狀と諸問題について, 潤滑通信, 243(1987)
2. 奈良達夫 : 引拔油의 現狀と問題点, 潤滑通信, 240(1987)
3. 木村 伸次朗 : 伸線用潤滑劑의 種類と性能, 潤滑通信, 142(1979)

〈표 5〉 수용성 신선유 체크 관리 항목

성상분류	영향인자	시료채취장소	체크항목	비고
유분온도	· 유분의 소비, 수분 증발(온도) · 유화상태의 변화 · 신유, 물의 보급량	· nozzle 또는 tank 순환부	· 유분온도	· 유온의 측정
열화	· 온도 · 이종oil의 혼입 · 금속분의 혼입(촉매작용)	· nozzle 또는 tank 순환부 · vertical tank상부(scum)	· 전산값 · 검화값 · pH · 불용해분	· scum에 있어서 분석을 행한다.
오염	· 마모분, 먼지의 혼입 · 설비의 oil, 구리스	· nozzle 또는 tank 순환부	· millipore filter test · 회분	—
산화안정성	· 유화제의 소모, 열화 · 설비의 oil, 구리스의 혼입 · 마모분, 먼지의 흡입 · 공업용수의 경도변화	· nozzle 또는 tank 순환부	· E.S.I (유화안정도지수) · 입경측정 (coalcounter)	· 전산값, pH값도 관련이 있다. · 공업용수 체크
방청성	· 열화 산의 생성 · 산세공정으로부터 산을 갖고 들어감 · 녹의 핵으로 되는 마모분, 먼지의 흡입	· nozzle 또는 tank 순환부	· 전산값 · pH · 회분	—
소둔성	· oil의 열화물 · 설비의 oil, 구리스, · 마모분, 먼지의 흡입	· nozzle 또는 tank 순환부	· 회분 · 잔류탄소	—
기포성	· oil의 열화 · 구리스의 혼입 · 공업용수의 경도변화	· nozzle 또는 tank 순환부	· 기포	· 공업용수의 경도가 낮아지면 유화안정성은 양호하지만 기포가 발생하기 쉽다.

4. 小池祥介 : 非鐵金屬의 管と棒의 引拔き 油劑, 潤滑通信, 142(1979)
5. 杉村 正俊 : 磨棒鋼材의 引拔き 油劑につ

いて, 潤滑通信, 142(1979)
(원고 접수일 1997. 10. 20)