

## 시판 수계/준수계세정제의 물성 및 세정성 평가 연구

차안정\*, 김현탁, 박지나, 김한성, 배재흠  
수원대학교 화학공학과  
(anjung5@hanmail.net\*)

### A Study on Physical properties and Cleanliness Evaluation of Commercial Aqueous/ Semi-aqueous Cleaning agents

An Jung Cha\*, Hyun Tak Kim, Ji Na Park, Han Sung Kim, Jae Heum Bae  
Department of Chemical Engineering, The University of Suwon  
(anjung5@hanmail.net\*)

#### 서론

전기, 전자, 기계, 금속 등 대부분의 산업현장에서는 부품 가공중에 흔히 가공유, 금속유, 금속칩 등 이물질이 부착되는데 이러한 부품이나 제품상의 이물질 제거를 위하여 최근까지 CFC-113, 1,1,1-TCE(1,1,1-Trichloroethane) 등과 같이 세정성이 뛰어나고 건조성도 좋으며 재질 호환성이 양호한 염소계세정제를 사용하여 왔다. 그러나 이들 세정제는 오존층 파괴물질로 환경과 인체의 유해성 등의 문제로 인하여 사용규제 대상물질로 규정되어서 우리나라와 같은 개발도상국에서는 일정 유예기간 이후에는 사용이 전면적으로 규제될 예정이어서 수계/준수계세정제와 같은 대체세정제로의 전환이 불가피하게 되었고 이에 대한 많은 연구가 현재 진행중에 있으며 일부 세정제들이 상용화되어 시판되고 있다 [1, 2].

이에 우리 연구실에서는 현재 국내에서 시판되고 있는 대체세정제의 종류, 적용사례, 세정시스템에 대한 자료조사를 수행한 바 있고 본 연구에서는 이들 세정제 중에서 세정성이 좋고 환경/안정성이 우수한 수계/준수계세정제를 선정하기 위하여 세정제의 물성, 세정성, 행균성, 유수분리성, 재질호환성 등에 관한 비교 연구를 수행하여 산업현장에서 현장에 적합한 환경친화적이고 경제적인 대체세정제를 선정하는데 기여하고자 하였다.

#### 실험

본 연구에서는 현재 국내에서 시판되고 있는 수계/준수계세정제의 특성과 환경·안정성을 고려하여 수계세정제 12종과 준수계세정제 6종을 선택하였다. 이들 세정제를 이용하여 주요물성인 표면장력, 점도, 밀도는 Surface tensiometer (Fisher Scientific, Surface Tensiomat 21, USA), Viscosity meter (Brookfield, LVDV II+CP, USA), Density/specific gravity meter (DA-110M, Japan)를 이용하여 각각 측정하였고, 환경·안정성 평가를 위한 pH, T-N, T-P, COD는 pH/ISE/DO Meter (Istek, 125PD, Korea), 수질 분석기 (Aqualytic, FOTO METER AL 282, Germany)와 COD meter (Aqualytic, PC compact COD/CSB, Germany)를 각각 이용하였으며, 수분측정은 Karl-Fischer Moisture Titrator (KEM Kyoto electronics, MKS-500, Japan)을 이용하여 실험을 수행하였다.

세정성능 평가에서 사용된 오염물로는 비수용성 절삭유 (KOTON 226G, 한국하우톤)와 플릭스의 주성분인 abietic acid(Aldrich)를 선정하여 사용하였다. 세정성 평가를 위한 오염물 도포방법은 다음과 같다. 절삭유 오염물은 평판시편을 절삭유에 침적 도포시킨 후 데시케이터에서 6시간 동안 상온에서 건조시킨 후 사용하였다. 그리고 플릭스 오염물은 abietic acid 일정량을 isopropyl alcohol 용액 일정량에 용해시켜 평판시편에 도포하여 상온

에서 1시간 동안 건조한 다음 80 °C에서 12시간 baking하여 사용하였다. 세정성실험은 100ml 메스실린더에 세정액을 45ml를 첨가한 후 일정한 시간을 정해두고 시편을 세정액에 침적시키는 세정과정 그리고 시편에 약간 잔류한 오염물을 제거하는 헹굼과정 그리고 시편의 수분을 제거시키는 건조과정 등 3단계의 과정으로 오염물이 도포된 시편을 세정하였다[3].

유수분리 실험은 세정액에 오염물질로 플릭스 또는 절삭유를 3 wt% 함유시킨 후 2분간 300 rpm으로 교반시킨 후 이것을 다시 3wt%와 10wt%로 희석하여 헹굼수를 제조하여 60 °C에서 1시간 정치하여 상등액과 하등액을 분리한 후 하등액의 화학적 산소 요구량(chemical oxygen demand, COD)을 측정하여 정치시의 오염물 분리 제거효율로 유수분리성을 평가하였다. COD 측정은 colorimetric method(ASTM 5220 D)를 이용하여 측정하였다.

세정제의 재질에 대한 영향성 평가는 ASTM D 1280의 측정방법에 준하여 금속시편 5종류와 플라스틱류 5종류를 선정하여 시편을 세정제 250ml에 2시간동안 40°C에서 침적시킨 후 건조시켜 시편의 길이, 두께, 무게변화를 측정하였고 변색, 녹발생 여부를 육안 관찰하는 방법으로 평가하였다.

## 결과 및 토론

세정공정에서 세정을 가능하게 하는 요소로는 세정제가 피세정물의 구석진 곳까지 접촉할 수 있도록 충분한 wetting characteristics를 갖고 있어야 한다. 일반적으로 세정제의 점도와 표면장력이 작을수록, 밀도가 클수록 wetting성이 좋다. Table 1에서 보는바와 같이 준수계세정제가 수계세정제보다 표면장력이 비교적 작지만 점도가 높은 것으로 나타났다. 이것은 준수계세정제가 탄화수소계 성분이 많고 수분이 적게 함유하기 때문인 것으로 판단된다. 그리고 수계/준수계세정제의 경우는 물을 함유하기 때문에 폐수처리, 즉 환경적인 측면을 고려하여야 하는데 실험대상의 수계세정제에서는 인의 함유량이 적거나 거의 없는 UC-165, W-300, CK-5382, CK HST-D, CC HXP-A4 등이 우수한 것으로 나타났다.

위의 물성을 토대로하여 세정성능을 평가한 결과 Table 2에서 보여주듯이 수계세정제를 이용하여 비수용성 절삭유 오염물질을 10분간 세정한 결과 UC-165, Castrol NO. 400, WD-777, ALT, W-300 세정제 순으로 10분 이내에 오염물들을 100% 완전히 제거하는 우수한 세정성능을 나타내었으나 다른 수계세정제들은 40~90%의 세정효율을 보여 다소 세정성능이 떨어짐을 알 수 있었다. Table 3에서는 준수계세정제를 이용하여 플릭스를 평가한 결과 cleantrough 710M을 제외하고 대부분의 준수계세정제가 20분 이내에 90% 이상의 플릭스 제거 성능을 보여주었다.

준수계세정제 6종에 대하여 정치분리법을 이용하여 유수분리 실험을 수행한 결과 Figure 1에서 보여지듯이 Neozol 750H2와 cleantrough 750H 세정제는 오염물 농도가 3wt%일 경우에는 각각 80%와 60% 이상의 COD 제거율로 유수분리성이 양호하여 세정공정에서 발생하는 헹굼액의 재활용이 용이할 것으로 판단되었다. 하지만 오염물을 농도가 증가할수록 COD 제거율이 다소 떨어져 높은 유수분리성을 얻기 위해서는 적절한 농도조절이 필요함을 알 수 있었다. 그리고 다른 세정제들은 정치분리법으로 유수분리가 일어나지 않아 별도의 막분리와 같은 특수 유수분리 장치가 필요할 것으로 판단되어진다.

위의 평가에서 수계/준수계세정제의 세정효율, 환경/안정성, 경제성을 고려할 때 비교적 우수한 세정제로 평가되는 수계세정제 UC-165와 준수계세정제 Neozol 750H2를 각각 선정하여 재질 영향성 평가를 수행한 결과를 Table 4에 요약하였다. 그 결과 수계세정제 UC-165는 금속재질 중 철에 대해 수계세정제의 단점으로 지적되고 있는 녹발생이 나타났으며, 그밖의 재질에서는 무게변화가 없고 별다른 변화를 나타내지 않아 재질호환성이 뛰어난 것으로 나타나고 있다. 그러므로 UC-165 수계세정제는 건조성 문제와 방청제와

산화방지제 첨가 등으로 철의 부식 문제를 해결한다면 바로 대체 가능한 것으로 판단되어진다. 이에 비하여 준수계세정제 Neozol 750H2는 무게변화가 전혀없고 철을 포함한 모든 재질에서 녹발생 없이 양호한 것으로 나타나서 우수한 대체세정제로 평가된다.

### 참고문헌

1. 배재흠, 신민철, "산업세정제의 세정성 평가방법 및 적용사례", 청정기술, 5(2), pp. 1-12 (1999)
2. D. W. Alston, "Aqueous Cleaning of Vacuum Tube Components", Replacing 1,1,1, Trichlorethane, International Symposium on Electronics & The Environment, pp. 7-10, (1993).
3. 박병덕, 이명진, 한지원, 이종기, 이동기, 한상원, 이호열, 배재흠, "준수계세정제의 물성 및 세정성 평가", HWAHAK KONGHAK, Vol.40, No.1, pp. 225-242 (2001)

Table 1. Physical properties of commercial aqueous/semi-aqueous cleaning agents

Property	surface tension (dyne/cm)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Viscosity (cP)	pH	T-P (ppm)	T-N (ppm)	COD (ppm)	Moisture content (%)	
Cleaning agents									
aqueous cleaning agents	UC-165	36.0	1.090	2.84	12.42	0.52	34	301	80.03
	Castrol No.400	39.0	1.103	2.39	13.30	1820	47	506	75.85
	WD-777	37.8	1.036	1.30	12.23	2670	17	69	-
	ALT	36.6	1.032	1.73	12.85	620	70	254	82.84
	W-300	34.0	1.070	2.31	11.54	0.02	92	286	79.00
	Cerfa Kleen 5382	37.1	1.075	1.69	12.61	1.54	37	108	88.84
	Cerfa Kleen HST-D	38.2	1.024	1.25	12.30	2.76	39	147	-
	Care clean HXP A4	39.0	1.041	3.30	10.92	0	410	587	72.94
	UC-NOFOAM	28.1	1.018	1.52	12.24	630	68	240	91.45
	세미광 MC	36.4	1.012	3.10	11.53	35.2	390	427	80.25
P.C 1000N	41.0	1.023	2.93	13.00	160	55	539	72.60	
GC 3000	51.3	0.999	1.01	11.85	167	4	301	86.63	
semi- aqueous cleaning agents	Pine Alpha ST-100S	35.0	0.964	10.3	3.46	3210	990	3100	5.33
	Pine Alpha ST-100SX	34.9	0.960	8.84	6.37	3200	960	3200	3.53
	Cleanthrough 710M	35.5	1.005	2.53	9.37		690	1110	67.17
	Cleanthrough 750H	30.0	0.966	9.95	9.79		1210	2660	6.84
	Neozol 950	34.0	0.958	7.87	5.02	3270	950	3520	12.05
	Neozol 750H2	30.8	0.843	8.29	6.85	3870	530	3850	9.21

\* WD-777, CK HST-D(powder type) : 5% dilute solution \* COD value : 0.1% concentration

Table 2. Cleaning efficiency of aqueous cleaning agents at 40°C (soil : Cutting Oil)

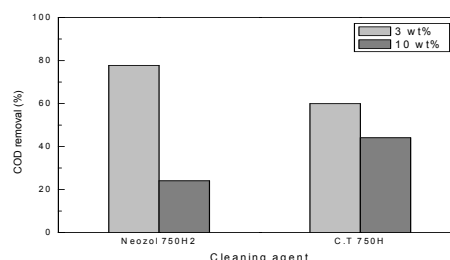
Cleaning agents	1 min	2 min	3 min	4 min	6 min	8 min	10 min
UC-165	88.75	100	100	100	100	100	100
Castrol No.400	95.68	99.62	100	100	100	100	100
WD-777	88.39	98.26	99.03	100	100	100	100
ALT	75.37	95.58	98.32	99.58	100	100	100
W-300	90.78	96.63	97.57	98.22	99.51	100	100
Cerfa Kleen 5382	69.76	90.27	92.51	91.47	87.87	88.23	89.97
Cerfa Kleen HST-D	89.27	94.31	93.17	88.78	84.55	87.46	90.73
Care clean HXP A4	62.52	76.86	75.82	78.93	84.55	87.26	90.73
UC-NOFOAM	35.98	50.44	52.56	56.44	52.20	50.87	49.03
세미광 MC	38.31	45.38	47.15	58.15	56.97	63.48	68.57
P.C 1000N	22.93	28.76	37.59	44.36	46.99	48.26	50.75
GC 3000	21.95	30.89	36.79	38.62	42.48	43.93	41.87

Table 3. Cleaning efficiency of Semi-aqueous cleaning agents at 40°C (soil : Flux)

Cleaning agents	5 min	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
Pine Alpha ST-100S	36.39	71.91	99.26	98.93	100	100	100
Pine Alpha ST-100SX	34.05	72.86	99.27	100	100	100	100
Cleanthrough 710M	14.35	39.56	82.89	94.55	98.92	100	100
Cleanthrough 750H	35.77	76.39	98.39	98.62	99.48	98.47	98.91
Neozol 950	40.22	76.05	97.74	98.17	99.62	99.06	99.21
Neozol 750H2	24.52	70.77	94.14	98.28	96.86	96.14	96.46

Cleaning agent	oil/water separation
Pine Alpha ST-100S	No separation
Pine Alpha ST-100SX	No separation
Cleanthrough 710M	No separation
Cleanthrough 750H	separation
Neozol 950	No separation
Neozol 750H2	separation

(a) oil/water separation



(b) COD removal efficiency

Fig. 1. Oil/water separation of rinsing solution contaminated with 3 wt%, 10wt% commercial semi-aqueous cleaning agent and oil

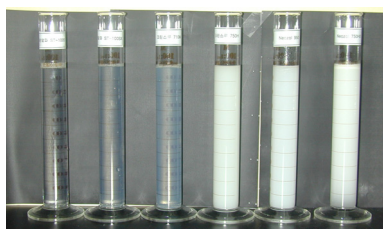


Fig 2. Initial status of rinsing solution contaminated with cleaning agent and oil

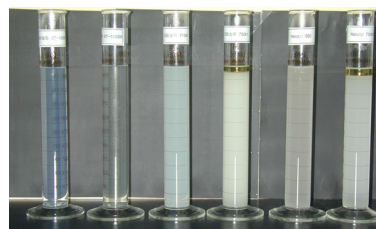


Fig 3. Final status of rinsing solution contaminated with cleaning agent and oil after one-hour setting at 60°C

Table 4. Compatibility test of two cleaning agents for metals and plastics

Materials	Iron		Zinc		Aluminum		Copper		Stainless		HDPE		PBT		ASB		PP		PS		
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	
Cleaning agents																					
Length change (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Thickness change (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Weigh change (%)	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Discoloration																					
Corrosion	√																				

\* A : UC-165 , B : Neozol 750H2