

코팅에 의한 펌프의 효율 증대와 에너지 비용 절감

유정엽* · 김진형** · Ron Campbell***

1. 서 론

일반적으로, 유체를 다루는 기기들은 부식과 침식의 영향으로 인하여 표면이 거칠어지고 이로 인하여 마찰력이 증가하기 때문에 그 성능이 점점 저하되어 간다. 이는 새 유체기계라 할지라도, 점차적으로 표면이 거칠어짐에 따라 회전체와 비회전체 사이에서 내부마찰손실을 발생시켜 케이싱의 압력손실과 디스크 마찰손실을 발생시킨다. 이러한 문제점이 발생했을 때 가장 크게 대두되는 문제는 바로 펌프 효율의 감소와 운용 전력비용의 증가이다. 일반적인 유체 이송 시스템은 약 70~90%의 에너지를 펌프의 가동에 사용하고 있고, 펌프의 가동에 사용되는 전력의 비용은 유가의 폭등과 함께 원가 압박의 원인이 되고 있다. 그러함에도 불구하고 일부에서는 유체 이송비용은 간접적이고 불가시적인 것이기 때문에 무관심의 상태에서 많은 에너지가 낭비되고 있다고 하는 사실을 간과하지 못하는 경향이 있는 것도 사실이다.

최근에 와서는 많은 유체 이송 시스템의 사용자들은 고효율 저비용의 기술을 찾고 있는 실정이나 그에 대한 정확한 해답은 아직 찾지 못하고 있는 것이 현실이다. 세계의 에너지 소비율을 비교해 볼 때, 전체 세계 에너지의 약 20%가 펌프의 운용에 사용되며, 그 중 약 25~50%의 에너지는 산업용 펌프의 운용에 쓰여지고 있는 것으로 예측된다. 에너지의 절약이 사회적으로 커다란 이슈가 되고 있는 이 시점에서, 펌프를 얼마나 효율적으로 관리하고 사용하느냐가 에너지 사용의 절감과 운용비용 절감에 커다란 영향을 미칠 수 있다는 점을 인식하여야 할 때라고 생각된다.

다음의 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 펌프를 가동하는데 쓰이는 에너지 비용이 펌프의 보수나 초기 구매비

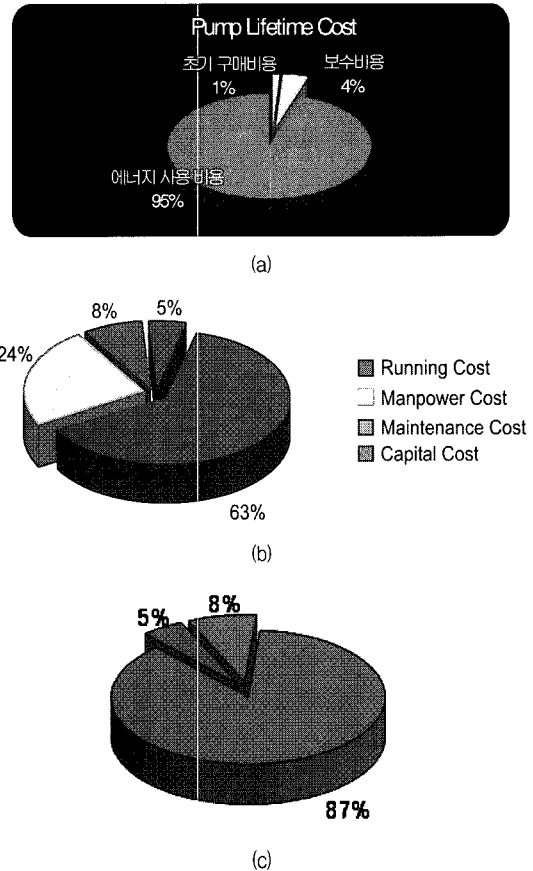


Fig. 1 Pump Lifetime Cost : (a) Water Pump, (b) Waste Water Pump and (c) Process Pump

용과는 비교할 수 없을 만큼 큰 비중을 차지하고 있다는 것을 알 수 있다.

2. 코팅시스템의 적용

이러한 에너지 절감 문제에 대한 대응의 한 가지 방법으로 펌프의 내부에 polymeric coating system을 적용시키는 것을 들 수 있다. 펌프의 운용에

* 현우 유니언 트레이딩

** 중소기업진흥공단

*** Belzona Polymeric LTD.

E-mail: rjy@hwut.co.kr

있어서 가장 중요하고 필수적인 요소 중의 하나인 에너지의 사용을 감소시키고 그에 따른 비용절감을 가져올 수 있으며, 더 나아가서는 초기 투자비용까지도 회수할 수 있는 Belzona Super metalglide (Belzona 1341) system을 적용한 사례를 소개하고자 한다.

0.5 mm의 얇은 두께로 시공되는 Belzona Super-metalglide (Belzona 1341)는 윤활성분에 내마모성을 첨가하여 혼합한 피낭체 (Encapsulated)로 된 Coating제로써, 3년간에 걸친 조사와 연구개발을 통하여 유입된 이물질이 높은 유속에 의해 주게 되는 충격과 캐비테이션에 대한 내성이 우수한 제품으로 탄생하였다. 또한 아래 (Fig. 2)에서 보듯이 매우 매끄럽고 반짝이며 소수성 (疏水性)을 가지는 특성을 가지고 있으므로 마찰 손실을 감소시켜준다.

이 제품의 시공은 브러쉬나 airless spray 작업이 가능하여 작업성이 좋고 시공 상의 편의를 위하여 두 가지 색 (Blue, Gray)으로 구분되어 있다.

Table 1은 Belzona 1341을 다음과 같이 표준 실험 방법에 따라 실험한 결과치이다.

일반적인 코팅제는 유리표면과 같은 매끄러운 표면

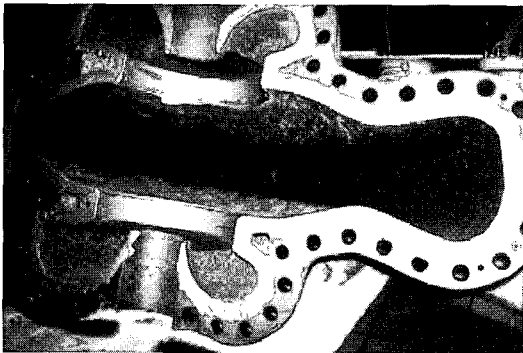


Fig. 2 케이싱과 임펠러의 손상

Table 1 강도시험 결과

항목	시험치
압축강도(ASTM D695)	8,800 psi
굽힘강도(ASTM D790)	6,850 psi
충격강도(Izod un-notched)	1.1 ft.lb/in
전단접착력(ASTM D1002) Cast Iron	3,250 psi

생성이 어렵고 코팅이 두껍게 시공될 경우에 유동성이 낮아져 유체의 이송에 악영향을 끼치며, 부식·침식에 대한 내성이 약한 한계성을 가지고 있다. 이에 비하여 벨조나 1341은 독특한 소수성을 가지고 있어 물에 대한 반발력이 있으며, 특히 다른 코팅제에서 볼 수 없는 매끄러운 표면을 만들어 주며 유분과 내마모성 충전제가 혼합되어 있어 내마모성을 최소화 하고 있다. 그러므로 본 제품을 유체기계에 사용함으로써 전력의 소모를 줄이고 효율을 높이며 저비용의 유지비와 유동성 향상이라는 성능상의 효과를 기대할 수 있게 된다.

벨조나 1341은 음식물과 접촉하는 부분에서의 시공에도 적절한 제품으로써, ANSI/NSF Standard 61과 영국 Drinking Water Inspectorate requirement의 인증을 받았다.

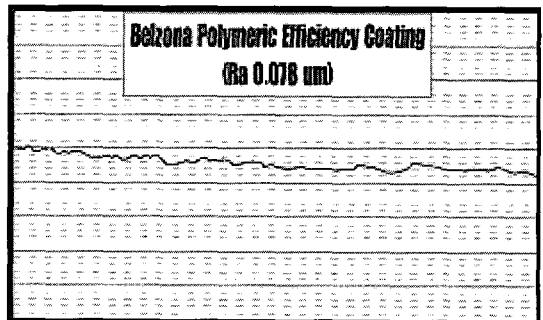
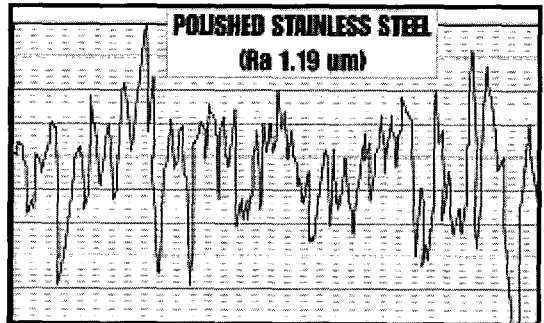


Fig. 3 코팅전후 표면조도 비교 : (a) 코팅전 and (b) 코팅후

3. 코팅 적용 펌프의 성능시험

Belzona 1341에 대한 실험을, 기계장비의 침식된 부위를 복구(보수)하는 기능 뿐 아니라 새(신품) 유체계의 효율을 높여주기 위한 목적으로 사용하는 부분에 대한 실험을 엄격한 환경에서 실시하였다. 이 실험은 National Engineering Laboratory (N.E.L.) -산업무역부 소속-의 주도하에 이루어졌으며, 이 기관은 영국에서 가장 종합적인 연구기관으로 정평이 나 있다.

다음은 이 실험을 위하여 새로 제작된 10 inch의 inlet/outlet, single stage 원심펌프를 Belzona 1341로 코팅처리 하기 전에 실험하여 얻은 결과치이다.

Flow - 875 m³/hr
 Head - 26.5 m
 Speed - 1,300 rpm
 Peak efficiency - 83.5%

위의 Data를 얻은 후, 펌프에 Belzona 1341 system을 브러쉬로 적용한 후 펌프의 성능을 재실험 결과 코팅 후의 효율이 6.9% 증대되었다. 앞서 말한 바와 같이 Belzona 1341 system의 성능에 더하여 또 하나의 장점은, 얇은 두께의 벨조나 코팅이 유체의 흐름에 제한을 주지 않고 유체의 이동경로에서 발생되는 문제점을 감소시킨다는 것이다.

4. 적용사례

Belzona 1341 코팅의 사례는 세계적으로 무수히 많으나, 그 중에서 몇 가지의 사례만을 간략히 소개하

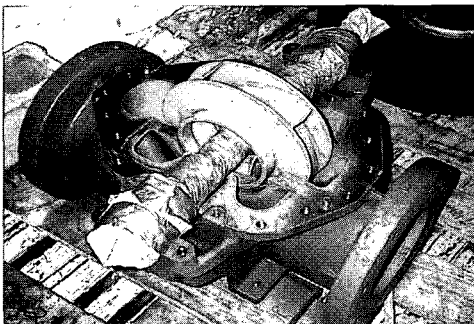


Fig. 4 유량-800 t/h, 양정-35m 펌프 코팅

고자 한다.

4.1 KSB Omega pump (1999년)

새로 제작된 4대의 Omega pump (size : 250~480 hp)에 효율증대를 위한 코팅을 한 후 측정해 본 결과, 코팅 전의 84%에서 86.9~87.5%로 증대된 Data를 얻었다. KSB는 4대의 새로 제작된 펌프를 Belzona 1341를 코팅함으로써 2.9%~3.5%의 효율증대를 가져온다는 것을 인정하였다. Sulzer사는 광범위한 실험을 거쳐 Belzona 1341을 사용하는 것을 기본화 하였고, 많은 수의 새 펌프에 코팅을 하여 그 결과를 얻고 있다. 한 가지 예로써, 3대의 동일한 펌프를 수요자에게 전달하기 전에 효율 증대 코팅을 하였는데 이 3대의 Split Casing 펌프를 실험한 결과, 모두 3.5%의 효율증대를 가져왔다.

4.2 ITT A-C pump (1996)

24 X 16 WSID의 새 원심펌프 Casing에 Belzona 1341을 적용하였고 impeller는 깨끗이 세척하였다.

OEM 성능실험에서 원래의 성능치보다 3.1% 향상된 결과치를 얻었으며 가장 효율이 높은 시점은 3.3% 더 높게 나타났다. (Table 4) 두 대의 다른 새 펌프 (같은 기종)에도 똑같은 작업을 실시 해 보았는데, 그 결과는 동일하게 나왔다.

4.3 Fayetteville, NC (1996)

Hoffer Water Plant의 20년 동안 사용한 고압 펌프가 처음의 상태보다 약 14%의 효율이 감소되었고 이상한 소음도 발생하고 있다고 알려졌다. 따라서,

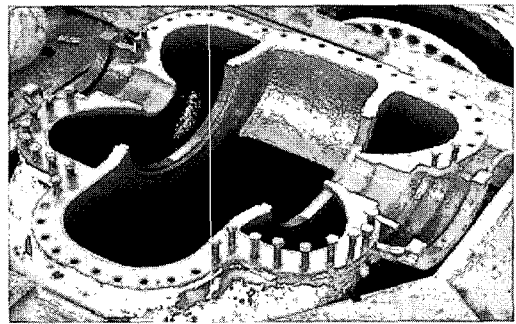


Fig. 5 28,000 GPM Main 순환 펌프 코팅

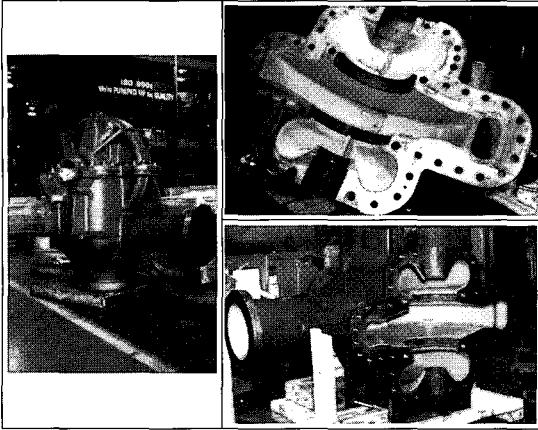


Fig. 6 ITT 펌프의 코팅

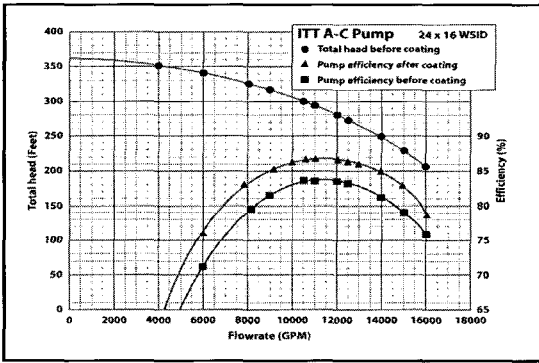


Fig. 7 코팅전후의 성능 비교

wearing의 교체, 경미한 임펠러 손상의 보수(Belzona 1311사용)와 효율 증대를 위해 Belzona 1341을 사용하여 펌프 내부 전체 코팅 작업을 하였다.

보수 후의 상태 - 펌프의 효율은 17% 증대되었다. 이에 대한 Data를 검토한 후, 고객은 Belzona 1341의 사용 후에는 적어도 5~8%의 효율증대를 가져올 수 있다고 현재까지 믿고 있으며, 이 Data에 의하면 1%의 효율 증대는 연간 \$1,000의 에너지 절감 효과를 가져올 수 있으며, 코팅을 하는데 소요된 비용은 \$2,500 미만이었다.

4.4 TVA Colbert Steam Plant, Alabama

1995년 이전에 4대의 60 inch의 Vertical Circulating Water Pump를 침식과 부식을 막고 효율을 증대시키기 위하여 Belzona 1341로 코팅하였는데 주목할 만한 효과를 거두었다. (Fig. 9) Pump

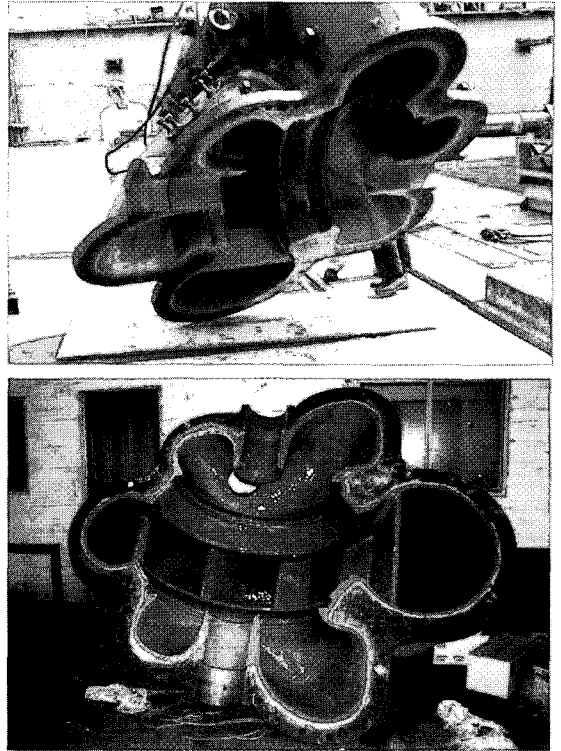


Fig. 8 코팅 적용

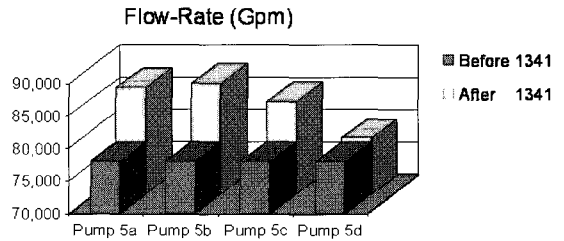


Fig. 9 펌프의 유량 증대 효과

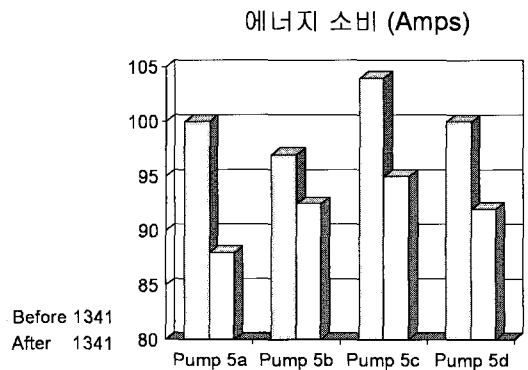


Fig. 10 코팅전후의 에너지절감 효과

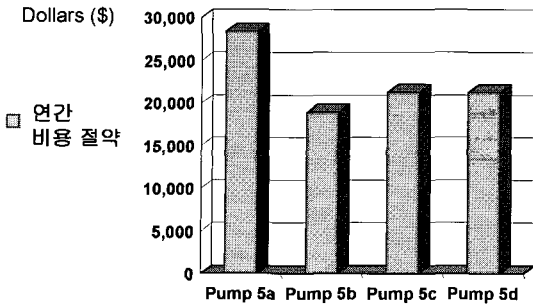


Fig. 11 코팅전후의 에너지 비용절감

5a의 경우, 100 Amps (코팅전)에서 88 Amps (코팅후)로 12%의 에너지 소비 감소를 이루었다. - 모터는 4160볼트로 가동되었다-

절약된 전기를 킬로와트당 4.4 센트로 재판매한다고 가정하면, 1년 내에 \$28,411이라는 이익을 얻을 수 있다는 계산이 나온다. 나머지 3대의 펌프는 10~15%가 향상되었다. 5년 후, 이 펌프들을 검사하였으나 아무런 손상 없이 좋은 성능을 내고 있었다.

위의 Data를 토대로 하여 유체기계의 가동에 가장 많이 쓰이는 전기에너지의 사용 비용을 그래프로 나타내 보면 Fig. 11과 같은 결과를 얻을 수 있다. 이 경우, 3개월 후에 코팅을 하는데 사용하였던 투자비용을 전기에너지의 사용 비용 절감으로 회수 할 수 있었다.

4.5 Aurora Pump 시험결과

Belzona 1341에 대한 또 다른 주목할 만한 성능의 향상을 가져온 실험결과는 Aurora Pump사에서 진행했던 실험결과 (Table 7)이다. 이 실험도 또한 6" split casing pump의 코팅 전과 후를 보여주는 데 새 펌프에 약 7%의 효율증대를 보여주고 있다.

5. 결론

유체기계는 끊임없는 침식과 부식의 영향을 받고 있으며 이러한 현상은 기기의 효율저하로 이어지고, 이는 다시 에너지의 소비증대와 원가상승의 요인이 되고 있다. 그러나 직접 느끼지 못하고 보이지 않는 방대한 에너지의 낭비는 우리가 최소한도로 줄여야 할 중대한 과제 중의 하나이다.

이러한 문제점의 해결책으로 Belzona 제품이 뛰어난 성능, 입증된 실험결과를 가지고 다년간의 시공실적을 바탕으로 가장 이상적이고 효율적인 해결방법을 제공하여 준다.

유체기계의 보수와 새 기계의 효율증대를 위하여 사용하기에 편리하고 가장 적합한 Belzona의 제품들 중에서도 Belzona 1341의 특성인 표면의 윤활성, 소수성, 내마모성, 내침식성은 모든 유체기기, 특히 에너지 소비가 가장 많은 펌프의 효율증대에 기여할 수 있는 유일한 제품임을 확신하는 바이다.