SPIROL®

백서

스테인리스와 도금/코팅 탄소강 비교 분석

부식 및 조임쇠 재료 선택

Michael J. Pasko, 애플리케이션 엔지니어
SPIROL International Corporation

본 문서의 목적은 모든 형태의 부식 또는 특정 합금의 장점과 약점에 대한 상세 분석과 관련하여 포괄적 참조 정보를 제공하려는 것이 아니라 전반적인 부식의 개념을 소개하려는 것입니다. 스테인리스강과 탄소강은 매우 상이한 부식 양상을 보입니다. 이 문서에서는 조임쇠 재료를 선택할 때 주요하게 고려되는 사항인 전반적 부식 조건 또는 표면 부식에 관한 정보를 제공합니다.

탄소강과 스테인리스강은 조임쇠 제작에 이용되는 가장 일반적인 재료이며 각각 광범위한 속성을 가진 수백 가지 합금 또는 등급으로 제공됩니다. 일반적으로 탄소강보다 스테인리스강 구성품의 초기 비용이 더 높지만 항상 그런 것은 아닙니다. 예를 들어, 같은 직경과 길이의 솔리드 핀보다 저하중 코일 핀에서 재료가 비용에서 차지하는 부분이 더 적습니다. 그 결과 스테인리스강 코일 핀이 탄소강 솔리드 핀과 비교하여 비용이 같거나 더 적을 수 있습니다. 또한 열처리나 도금과 같은 2차 공정으로 인해 탄소강 부품의 비용이 증가하는 경우가 많지만 스테인리스강의 경우에는 2차 공정이 발생하지 않을 수 있습니다. 가치를 따지지 않은 비용은 무의미합니다. 예를 들어 고급 야외 바베큐 그릴을 제조하는 업체는 제품의 예상 기대 수명보다 훨씬 오래 내식성을 유지할 수 있는 스테인리스강 조임쇠를 선택할 수 있습니다. 이렇게 선택하는 이유는 제품의 무결성, 외관 및 긴 수명을 고려했기 때문입니다. 최대의 품질을 제공하는 조임쇠라면 관련 비용 증가를 상쇄할 수 있는 '가치'가 있을 수 있습니다. 예상 소비자가 품질보다는 비용에 더 민감하다면 이 제조업체는 저가 브랜드로 판매하는 모델에 저렴한 도금 강철 조임쇠를 선택할 수 있습니다. 두 가지 선택 모두 특정 재료를 선택하는 정당한 이유이며 스테인리스강을 선택하려면 고객이 비용만큼 가치를 높게 평가해야 합니다. 설계자는 적합한 조임쇠 재료를 선택할 때 비용, 이점 및 위험성을 모두 고려해야 합니다.

SPIROL은 전 세계 다양한 산업에 맞는 코일 핀, 슬롯 핀, 솔리드 핀, 인서트, 관형 제품, 가공 너트, 컴프레션 리미터, 심 및 디스크 스프링을 제조합니다. SPIROL은 철 및 비철을 비롯하여 많은 재료로 부품을 제조하지만 본 문서의 범위는 철 금속 제품, 더 구체적으로 스테인리스강과 탄소강으로 제한됩니다. SPIROL의 철 제품은 크게 4가지 표준 재료 그룹으로 제조됩니다.

- 저탄소강
- 고탄소강 및 합금
- 마텐자이트 크롬 스테인리스강(AISI 410 및 420, EN/DIN 1.4516 및 1.4021)
- 오스테나이트 니켈 스테인리스강(AISI 302, 304, 305 또는 EN/DIN 1.4319, 1.4301, 1.4303)

탄소강과 스테인리스강은 모두 철 금속으로 철을 포함하고 있지만 부식 조건에 대한 반응은 크게 다릅니다. 정의에 따라 스테인리스강은 10.5% 이상의 크롬을 포함해야 합니다. 산소에 노출되었을 때 이 합금 원소는 표면에 크롬 산화물 레이어를 만들어 더 이상의 산화를 신속히 방지하고 '부동태화' 단계로 이어집니다. 이 부동태화 레이어는 연속적이고 두께가 균일하며 용해되지 않고 치밀합니다. 부동태화 레이어는 환경에 존재하는 산소와 기질 금속의 접촉을 방지하고, 산소가 존재하기만 하면 긁히거나 벗겨지는 경우 자체적으로 레이어를 다시 만들어냅니다. 이 부동태화 레이어는 두께가 10 ~ 100 원자 정도에 불과해, 부품 치수에 영향을 미치지 않습니다. 스테인리스강은 특정한 조건에서 일부 화학 물질에 노출되었을 때 부식될 수 있지만 탄소강과 같이 균일한 또는 전반적인 부식 조건에 의해 녹이 슬지는 않습니다. 합금 원소로서 크롬은 균질 혼합물의 일부이며 합금으로부터 쉽게 이탈되지 않기 때문에 안전한 것으로 취급됩니다. 스테인리스강과 관련된 마지막 특징은 재활용이 상대적으로 용이하다는 점입니다. 스테인리스강은 100% 재활용 가능하며 업계 분석가에 따르면 폐기된 스테인리스강의 80~90%가 재활용을 위해 수거되는 것으로 추정됩니다.

녹은 철 및 강철과 같은 철 합금에서 발생합니다. 녹은 습한 환경에서 산소에 노출되었을 때 부품의 표면에 발생하는 철 산화물 레이어입니다. 이 철 산화물 레이어는 활성 상태로 유지되고 바깥 레이어가 허물어져 새로운 금속 표면을 노출시킴에 따라 철이 계속해서 철 산화물로 전환됩니다(*그림 1 참조*). 철 산화물은 또한 다공성이어서 부식에 기여할 수 있는 습기와 원소를 흡수할 수 있어 노출될 때마다 활성 부식의 기간을 연장시킵니다. 철 산화물의 형성 또는 녹이 스는 것을 방지하려면 산소와 습기에 대한 노출을 없애야 합니다. 이러한 이유 때문에 건조한 기후에서 운행한 모터 사이클이 습한

그림 1. 녹슨 체인은 녹 또는 전반적 부식 조건으로 인한 재료 손실을 보여줍니다.

환경에서 운행한 동일한 차량보다 훨씬 부식이 적거나 녹이 적게 슬었다는 사실을 관찰할 수 있습니다. 도로에 제설제가 사용되는 춥고 습한 환경에서는 부식의 속도와 심각도가 더욱 증가합니다.

탄소강 조임쇠는 일반적으로 스테인리스강보다 가격이 저렴하며 뛰어난 내식성을 제공하는 마감 처리를 거칠 수 있습니다. 이러한 마감 처리는 치수를 증가시키므로 설계에서 이 부분을 고려해야 합니다. 탄소강은 도장, 도금 또는 코팅을 이용하여 부식으로부터 보호할 수 있습니다. 도장은 벌크 프로세스가 아니라 랙이 되는 경향이 있기 때문에 비용이 비싸므로 조임쇠에는 일반적으로 적합하지 않습니다. 도금과 코팅은 탄소강을 보존하는 주된 방법이지만 이러한 공정 중 일부는 환경에 미치는 영향 때문에 권장되지 않고 있습니다. 위험한 것으로 간주되는 마감 처리의 예로 카드뮴과 6가 크롬산염이 있습니다. 지난 10년 동안 현재의 환경 규정을 충족시키면서 저렴한 비용으로 뛰어난 내식성을 제공할 수 있는 벌크 코팅과 도금 기술이 성숙한 단계에 이르렀습니다. 이러한 기술 발전에도 불구하고 기질 금속이 녹에 민감하다는 점은 취약점으로 남아 있습니다. 도금과 코팅의 대부분은 벗겨질 때까지만 보호된다는 점에서 희생적이라고 할 수 있습니다. 기질 금속이 노출되면 녹이 슬게 됩니다. 이용 가능한 마감 처리와 코팅의 일부 예를 들면 다음과 같습니다.

- 인산아연 변환 코팅 — 일반적으로 후속으로 오일이나 기타 녹 방지제를 적용합니다. 2차적으로 적용하는 녹 방지제가 내식성을 결정하며, 그 효과는 매우 미소한 정도에서 도금 및 기타 코팅과 경쟁할 수 있는 수준까지 폭넓습니다.
- 기계적 아연 처리 — 수소 취성 위험이 최소화된다는 점이 이 마감 처리의 주된 이점입니다. 마감 처리가 전기도금보다 두꺼울 수 있으며 매끄럽지 못합니다. 성능을 개선하기 위해 크롬산염 및/또는 실러가 2차 적용되는 경우가 많습니다.
- 아연 전기도금 — 3가 크롬산염, 그리고 때로 최종 실러로 보완하는 방법이 일반적입니다. 이러한 마감 처리는 고강도 강철에 대한 수소 취성의 위험을 제기하지만 이러한 잠재적 문제를 해소하기 위한 노력으로 부품을 베이킹 처리하는 방법이 일반적으로 이용됩니다.
- 아연 니켈 전기도금 — 기존 아연 전기도금보다 내식성이 높습니다. 표준 아연 전기도금과 마찬가지로 이 공정에도 고강도 강철을 베이킹 처리하는 단계를 포함시켜 수소 취성의 위험을 줄여야 합니다.
- 알루미늄 아연 박층 코팅 — 수소 취성의 위험 없이 매우 높은 내식성을 부여할 수 있는 딥 스핀 공정입니다.

가장 폭넓게 수용되고 있는 부식 테스트 방법은 염수분무 시험입니다. 염수분무 시험의 목적은 부식 환경에 반응하는 재료나 마감 처리 표면을 평가할 수 있는 반복 가능한 방법을 제공하는 것입니다. 이론적으로, 이 방법은 실제 사용 기간 동안의 테스트를 실용적 기간으로 압축시키는 수단이기도 합니다. 예를 들어 야외 도어 손잡이 제조업체가 15년 보증이 적합한지 결정하기 위해 15년 동안 손잡이를 야외에 놓아두는 방법은 실용적이지 못합니다. 15년 동안의 부식 환경이 나타낼 수 있는 영향을 재현하기 위해 염수분무 부스에 짧은 시간 동안 손잡이를 넣어두는 것이 실용적입니다. 이 시험 방법이 이용할 수 있는 몇 가지 선택 중 하나이기는 하지만 이러한 비교는 매우 부정확할 수 있다는 점을 아는 것이 중요합니다. 실제 환경과 염수분무 부스에서 흐른 시간 사이에 정확한 상관 관계는 존재하지 않습니다. 도어 손잡이 제조업체가 해안 지역에서 사용되는 제품에 우려를 가지고 있다면 잠재적인 노출이 간헐적으로만 발생한다는 사실을 이해하는 것이 중요합니다. 부식 요소에 노출되는 경우에도 폭풍이 없고 건조한 날씨가 지속되거나 이러한 현상이 거의 없는 몇 개월 간의 기간이 있을 수 있습니다. 간단히 말해서, 염수분무 시험은 많은 조임쇠/구성품의 용도와 관련하여 극한 상황에 해당하며, 시험 기간도 실제 조건과의 상관 관계를 따져 설계자가 최대한 일치하는 조건으로 임의적으로 지정합니다. 마지막으로, 많은 제조업체에서 현재 스테인리스강 제품에 염수분무 시험을 적용하고 있지만 이 테스트는 기본적으로 탄소강 부품을 대상으로 합니다. 스테인리스강은 일반적으로 염분이 없는 항온 항습기에서 테스트합니다. 염화물에 대한 노출이 가장 우려되는 경우라면 염수분무 시험을 스테인리스강에도 이용할 수 있습니다.

염수분무 시험 요구 사항은 일반적으로 두 가지 간단한 기준으로 구성됩니다. 즉, 흰색 부식이 형성되는 시간을 측정하고, 이후 빨간색 녹(또는 기질 금속)이 생기기 시작하는 시간을 측정하면 됩니다. 염분 농도, 온도 및 시간이 주의 깊게 제어됩니다. 대부분의 코팅과 도금에는 기질 금속에 비철 금속 레이어를 형성시킨 다음 여기에 크롬산염을 디핑하고 성능 요구 사항에 따라 유기 또는 무기 실러를 적용합니다. 이러한 마감 처리가 효과가 없는 경우에는 코팅과 도금에 적용된 순서와 반대로 다시 진행됩니다. 부식 환경이 최외층 실러와 크롬산염 레이어를 침범하면 그 아래의 비철 금속을 공격하기 시작합니다. 이 단계에서는 흰색 부식이 시작됩니다. 아연, 니켈, 알루미늄 및 마그네슘 등의 비철 금속은 철을 함유하지 않으며 '적색 녹'이 슬지 않습니다. 적색 녹은 마감 처리용 보조 금속이 벗겨진 후부터 나타나기 시작합니다 (*그림 2 참조*).

그림 2: 이 코일 핀은 저하중 아연 도금, 그리고 이후 크롬산염 디핑으로 마감 처리되었습니다. 마감 처리는 48시간 동안 '적색' 부식 보호를 제공하는 것으로 판정되었습니다. 이 부품을 200시간 동안 염수분무 시험했을 때 적색 녹이 심각하게 나타났지만 일부 아연과 흰색 부식이 남아 있었습니다. 표면에 아연이 남아 있는 부분에서는 인접 영역이 심하게 부식되어 있어도 적색 녹이 생기지 않았습니다.

전기 및 기계적 도금에서 문제점은 깊은 구멍과 크게 패인 틈새까지 도금을 시키기 어렵다는 점입니다. SPIROL이 제조하는 코일 및 슬롯 핀과 관형 부품 등의 많은 제품에서도 이것이 문제가 됩니다. 어떤 공정에서도 관 내부까지 적절하게 금속을 도금시키지 못합니다(*그림* 3 *및* 4 *참조*). 이러한 마감 처리를 적용하는 공정에서 내부에 크롬산염과 실러가 쌓일 수는 있지만 비철 금속(이 경우 아연)을 100% 도포시키는 것은 불가능합니다. 이것이 가장 중요한 마감 처리 구성 요소입니다.

그림 3: 이 사진은 코일 핀의 기본적 형상(금속이 여러 겹으로 말린 형태)을 보여줍니다. 도금은 말린 부분 사이에 침투하지 못하며, 내부를 도포할 수 있는 딥 코팅도 핀의 말린 부분에는 효과를 보이지 않습니다.

기계적 도금 및 전기도금과 달리 액체를 이용하는 코팅은 앞서 언급한 대로 부품 내부에 적절하게 도포될 수 있습니다. 코일 핀은 실질적으로 코일 사이 공간을 도포하기 어렵다는 고유한 문제를 가지고 있습니다. 이것이 중대한 우려로 보일 수 있지만 부식에는 많은 형태가 있으며 조임쇠와 관련하여 이러한 위치에서의 부식은 거의 문제가 없는 경우가 많다는 점을 아는 것이 중요합니다. 이러한 문제에도 불구하고 수천억 개의 도금한 조임쇠가 수년 동안 별탈 없이 사용되고 있습니다. 호스트 재료에 완전히 장착된 조임쇠는 부식 조건으로부터 충분히 보호될 수 있습니다. 개스킷으로 보호되고 플랜지 볼트로 막혀 두 구성품 사이에 끼워진 컴프레션 리미터를 좋은 예로 들 수 있습니다. 이질 금속간 부식과 관련하여 전류가 한쪽에서 다른 쪽으로 흐르는 한 기질 금속을 보호하기 위해 마감 처리 금속이 희생적으로 벗겨지기 때문에 보호를 제공하기 위해 전체에 마감 처리를 균일하게 할 필요는 없습니다. 예를 들어 강철로 제작된 배의 선체는 주요 부위에 희생적 아연 양극을 볼트로 체결하여 보호할 수 있습니다. 배 전체에 아연을 도금하거나 갈바닉 처리할 필요가 없습니다. 마찬가지로, 이질 금속간 부식이 부식 조건 메커니즘이라면 코일 핀의 외부 직경에 아연을 도금하여 내부를 보호할 수 있습니다.

스테인리스강은 마감 보호 처리 없이도 내식성을 유지할 수 있는 이점을 가지고 있습니다. 내식성은 크롬에 의해 부여되며 크롬이 합금 전체에 분산되어 있습니다. 전반적 부식 조건 또는 표면 부식 때문에 녹이 슬지는 않지만 스테인리스강에도 부식이 발생하고 문제가 생길 수 있습니다. 스테인리스강에 가장 일반적인 부식 형태는 피팅(Pitting)입니다. 부동태화 레이어가 자연적으로 다시 형성될 수 없는 조건 하에서 환경에 존재하는 화학물질이나 기계적 마모/긁힘이 부동태화 레이어를 파괴시키는 경우에 피팅이 발생할 수 있습니다. 이 때 국부적 부식 조건이 발생할 수 있습니다. 염수분무에서 물방울이 부품 표면에 형성될 수 있습니다. 물방울은 부식성이 매우 강한 염화물을 농축시킬 수 있습니다. 일반적으로 넓은 영역에 걸쳐 확산되는 또 다른 부식 조건의 형태는 틈새 부식(Crevice corrosion)입니다. 이러한 형태의 부식 조건은 내부에 예리한 모서리가 있거나 구성품 접촉으로

그림 4: 코일 핀의 강철 코일(또는 말린 부분) 사이의 부식을 보여주기 위해 그림 3에 나타낸 핀의 단면을 자른 후 찍은 사진이 아래에 있습니다.

인해 유체가 침적될 수 있는 지점이 생긴 경우에 발생할 수 있습니다. 틈새 부식은 불가피한 경우가 많지만 세심한 설계 노력으로 최소화시킬 수 있습니다. 다른 스테인리스강 합금으로 전환하여 부식을 개선할 수도 있습니다. 내피팅성을 높이기 위해 몰리브덴을 첨가하거나 크롬 및/또는 니켈의 함량을 높이는 방법이 일반적으로 이용됩니다. 일반적으로 비용 상승이 동반되므로 내식성을 높이는 일은 필요할 때만 시도해야 합니다.

SPIROL이 제공하는 두 가지 스테인리스강 중에서 오스테나이트(또는 니켈) 스테인리스강은 최고 수준의 내식성을 제공하는 반면 마텐자이트(또는 크롬) 스테인리스강은 이보다 쉽게 부식됩니다. 니켈 스테인리스강은 두 가지 이점이 있습니다. 1) 크롬 함량이 12%에서 18%로 증가합니다. 2) 산성 미네랄의 내식성을 높이기 위해 8% 니켈이 첨가됩니다. 크롬과 니켈을 적절한 비율로 혼합하면 오스테나이트 조직이 형성될 수 있습니다.

그림 5: 테스트 전의 핀: 위쪽 두 개는 아연 박층으로 코팅한 저탄소강이고 아래쪽 두 개는 오스테나이트 305 SST입니다.

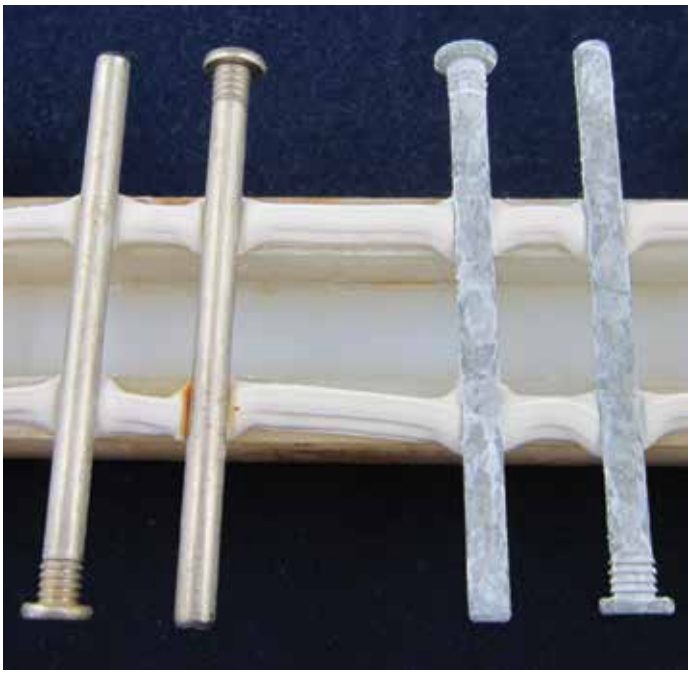


그림 6: 테스트 후, 305 SST 부품은 변화가 없지만(왼쪽) 코팅한 부품(오른쪽)은 상당한 흰색 부식을 보여주고 있습니다.

마텐자이트 크롬 스테인리스강은 내식성이 약할 수 있지만 열처리를 통해 강도를 높일 수 있고, 이후 낮은 수준의 가공 경화를 통해 탁월한 내피로성이 부여됩니다.

스테인리스강과 코팅한 탄소강의 차이를 보여주기 위해 각 재료로 동일한 형상의 두 가지 솔리드 핀을 제조했습니다. 스테인리스강 핀은 부동태화시켰으며 저탄소강 핀은 아연 박층 제품으로 코팅했습니다(*그림* 5 *참조*). 720시간 후 흰색 부식이 확연하게 나타났지만 코팅한 부품의 성능은 여전히 우수했습니다. 아연이 벗겨지면 녹이 슬기 시작합니다. 이와 대조적으로 오스테나이트 스테인리스강 핀은 거의 변화가 없습니다(*그림* 6 *참조*). 적절하게 부동태화시킨 300 시리즈 SST 핀은 염수분무 환경에서 최대 2,500시간 동안 보호를 제공할 수 있습니다.

앞서 언급했듯이 마텐자이트 스테인리스강은 오스테나이트보다 내식성이 낮으며, 이 때문에 일반적으로 염수분무로 테스트하지 않습니다. 410 및 420 스테인리스강 모두 일반적 대기, 담수, 체액, 및 주방, 그리고 크롬산 및 질산 등의 약한 산화성 산에서 훌륭한 내식성을 제공합니다. 다음 마텐자이트 스테인리스강 핀을 염수분무 환경에 놓고 300시간 동안 관찰했습니다. 48시간 이후 얼룩이 분명하게 나타났으며 약간의 피팅이 형성되기 시작했습니다. 300시간 후에는 피팅이 심각해졌고 다음 사진에서 쉽게 확인할 수 있습니다(*그림* 7, 8, 9 *및* 10 *참조*).

그림 7: 420 스테인리스강 슬롯 핀에 생긴 얼룩과 피팅.

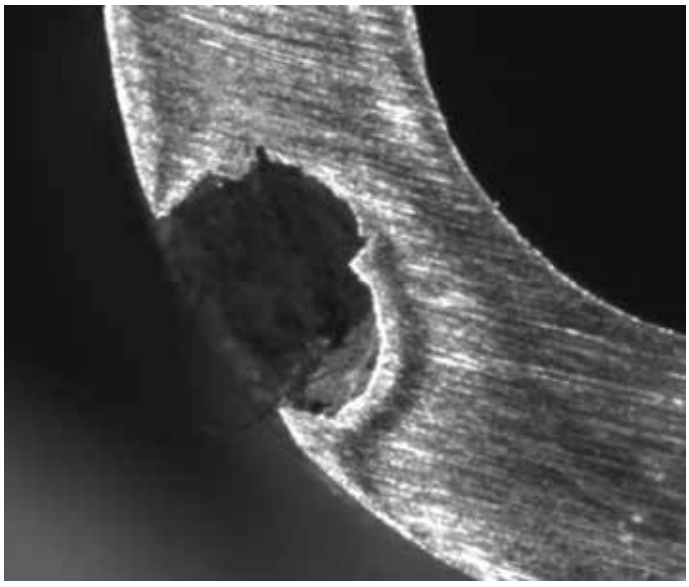


그림 8: 그림 7에 나타낸 피팅의 단면. 단면 영역에 미치는 영향과 강도 감소를 보여줍니다.

그림 9: 410 스테인리스강 솔리드 핀에 생긴 얼룩과 피팅.

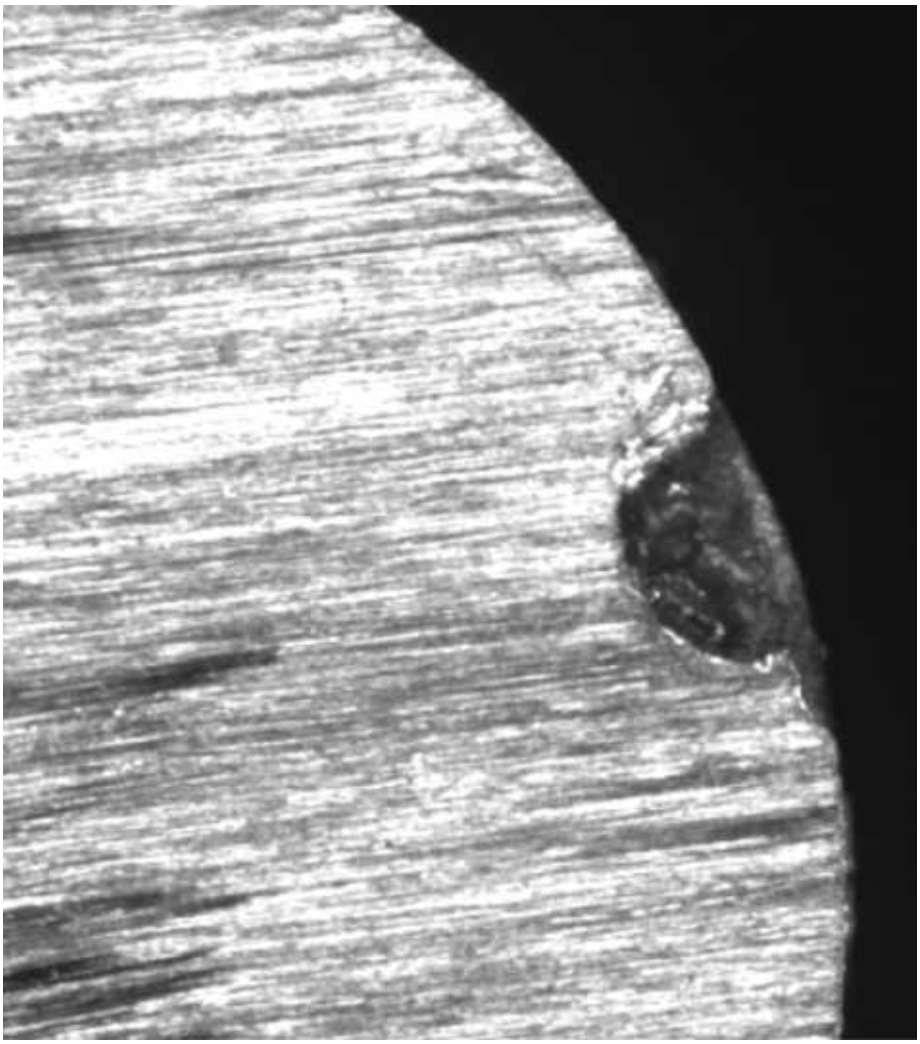


그림 10: 그림 9에 나타낸 피팅의 단면. 단면 영역에 미치는 영향과 강도 감소를 보여줍니다.

요약하자면, 탄소강에 이용할 수 있는 마감 처리와 코팅 기술이 크게 발전했지만 부식에 민감하다는 단점은 남아 있습니다. 마감 처리는 결국은 제 기능을 하지 못하게 됩니다. 스테인리스강은 비용이 높은 경우가 많지만, 그보다 파괴 비용이 더 클 수 있습니다. 제품의 본래 사용 환경과 수명을 신중하게 고찰해야 하며, 훌륭한 성능을 보장하는 적합한 재료 및/또는 마감 처리를 선택해야 합니다. 가능한 경우 언제나 대체 솔루션을 평가하는 것도 중요합니다. 솔리드 핀, 얼라인먼트 다월 및 기타 제품을 코일 스프링 핀 및 관형 제품으로 전환하여 재료 부피를 줄이면 무게가 크게 줄어 비용을 절감할 수 있습니다. 탄소강이 언제나 가장 저렴한 장착 비용을 보장하는 것은 아니며, 항상 '가치'를 고려해야 합니다. 스테인리스강은 부식 조건의 영향을 받지 않으며, 항상 호스트 재료와 환경을 신중하게 평가하여 올바른 등급/유형을 사용해야 합니다.

SPIROL은 애플리케이션 엔지니어링 지원을 무료로 제공합니다.

SPIROL®

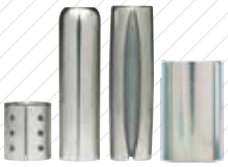
혁신적인 체결 솔루션.
저렴한 조립비용.

코일 스프링 핀

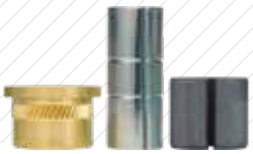
슬롯 스프링 핀

솔리드 핀

정렬 다월 / 부싱



스페이서 및 롤 관형 구성품



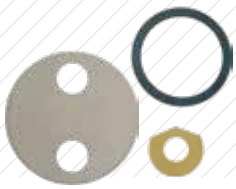
컴프레션 리미터

플라스틱용 나사 인서트

철도 너트

디스크 스프링

정밀 심 (Shims) 및 얇은 금속 스탬핑



정밀 와셔

진동 공급 시스템

핀 조립 장비

인서트 조립 장비

컴프레션 리미터 조립 장비

*현재 기존사양 및 표준 규격제안 관련 www.**SPIROL**.kr으로 방문하셔서 참조해주세요.*

스피롤(SPIROL)은무료애플리케이션엔지니어링지원을제공합니다. 우리는새로운디자인을지원하고문제를해결하고기존디자인에대한비용절감을추천합니다. **SPIROL.kr**의**Application Engineering Services**를방문하시면도움을드리겠습니다.

© 2017 SPIROL International Corporation 09/17
법률로 허용되는 경우를 제외하고 SPIROL International Corporation의 서면 허가 없이는 본 문서의 어떤 부분도 전자 또는 기계적인 어떤 형태나 수단으로도 재생산 또는 전송할 수 없습니다.

기술 센터

아시아 태평양 지역

SPIROL 대한민국
16층, 396 Seocho-daero,
Seocho-gu, 서울, 06619, 대한민국
전화: +82 (0) 10 9429 1451

SPIROL 아시아 본부
1층, Building 22, Plot D9, District D
No. 122 HeDan Road
Wai Gao Qiao Free Trade Zone
상하이, 중국 200131
전화: +86 (0) 21 5046-1451
팩스: +86 (0) 21 5046-1540

유럽

SPIROL 영국
17 Princewood Road
Corby, Northants
NN17 4ET 영국
전화: +44 (0) 1536 444800
팩스: +44 (0) 1536 203415

SPIROL 프랑스
Cité de l'Automobile ZAC Croix Blandin
18 Rue Léna Bernstein
51100 Reims, 프랑스
전화: +33 (0) 3 26 36 31 42
팩스: +33 (0) 3 26 09 19 76

SPIROL 독일
Ottostr. 4
80333 뮌헨, 독일
전화: +49 (0) 89 4 111 905 71
팩스: +49 (0) 89 4 111 905 72

SPIROL 스페인
Plantes 3 i 4
Gran Via de Carles III, 84
08028, 바르셀로나, 스페인
전화/팩스: +34 932 71 64 28

SPIROL 체코
Pražská 1847
274 01 Slaný, 체코
전화/팩스: +420 313 562 283

SPIROL 폴란드
ul. Solec 38 lok. 10
00-394, 바르샤바, 폴란드
전화: +48 510 039 345

미주 지역

SPIROL International Corporation
30 Rock Avenue
Danielson, Connecticut 06239, 미국
전화: +1 860 774 8571
팩스: +1 860 774 2048

SPIROL 심 (Shims)사업부
321 Remington Road
Stow, Ohio 44224, 미국
전화: +1 330 920 3655
팩스: +1 330 920 3659

SPIROL 캐나다
3103 St. Etienne Boulevard
Windsor, Ontario N8W 5B1, 캐나다
전화: +1 519 974 3334
팩스: +1 519 974 6550

SPIROL 멕시코
Avenida Avante #250
Parque Industrial Avante Apodaca
Apodaca, N.L. 66607, 멕시코
전화: +52 81 8385 4390
팩스: +52 81 8385 4391

SPIROL 브라질
Rua Mafalda Barnabé Soliane, 134
Comercial Vitória Martini,
Distrito Industrial
CEP 13347-610, Indaiatuba, SP, 브라질
전화: +55 19 3936 2701
팩스: +55 19 3936 7121

이메일: info-kr@spirol.com

SPIROL.kr