



스틸벨트 설계가이드

Design Guide and
Engineer's Reference
for Metal Belts



서울시 구로구 구로동 235번지 한신 IT타워 308호
TEL : (02) 2108-8900(代) FAX : (02) 2108-8600
[Http://www.jkop.co.kr](http://www.jkop.co.kr) E-mail : jkop@jkop.co.kr

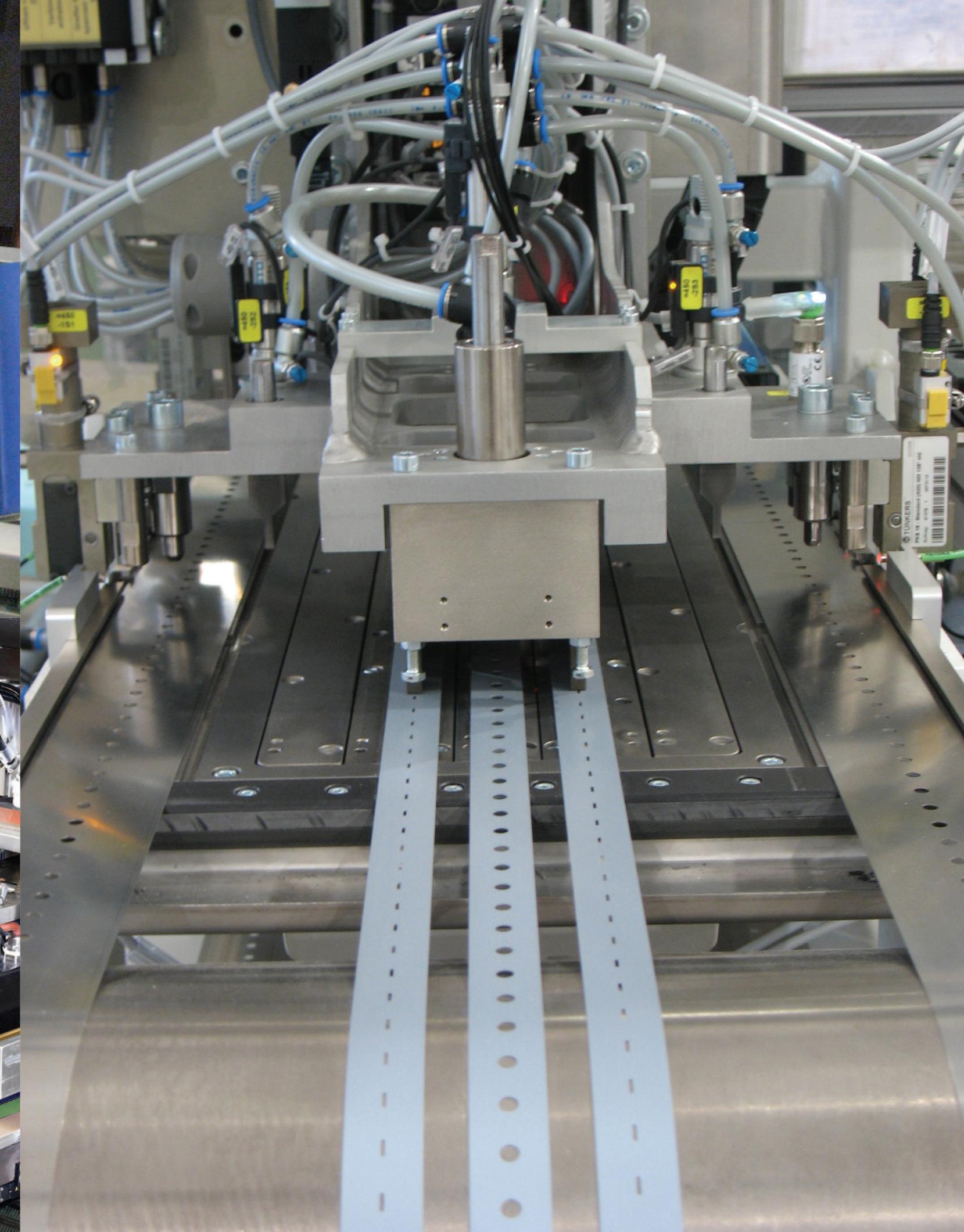
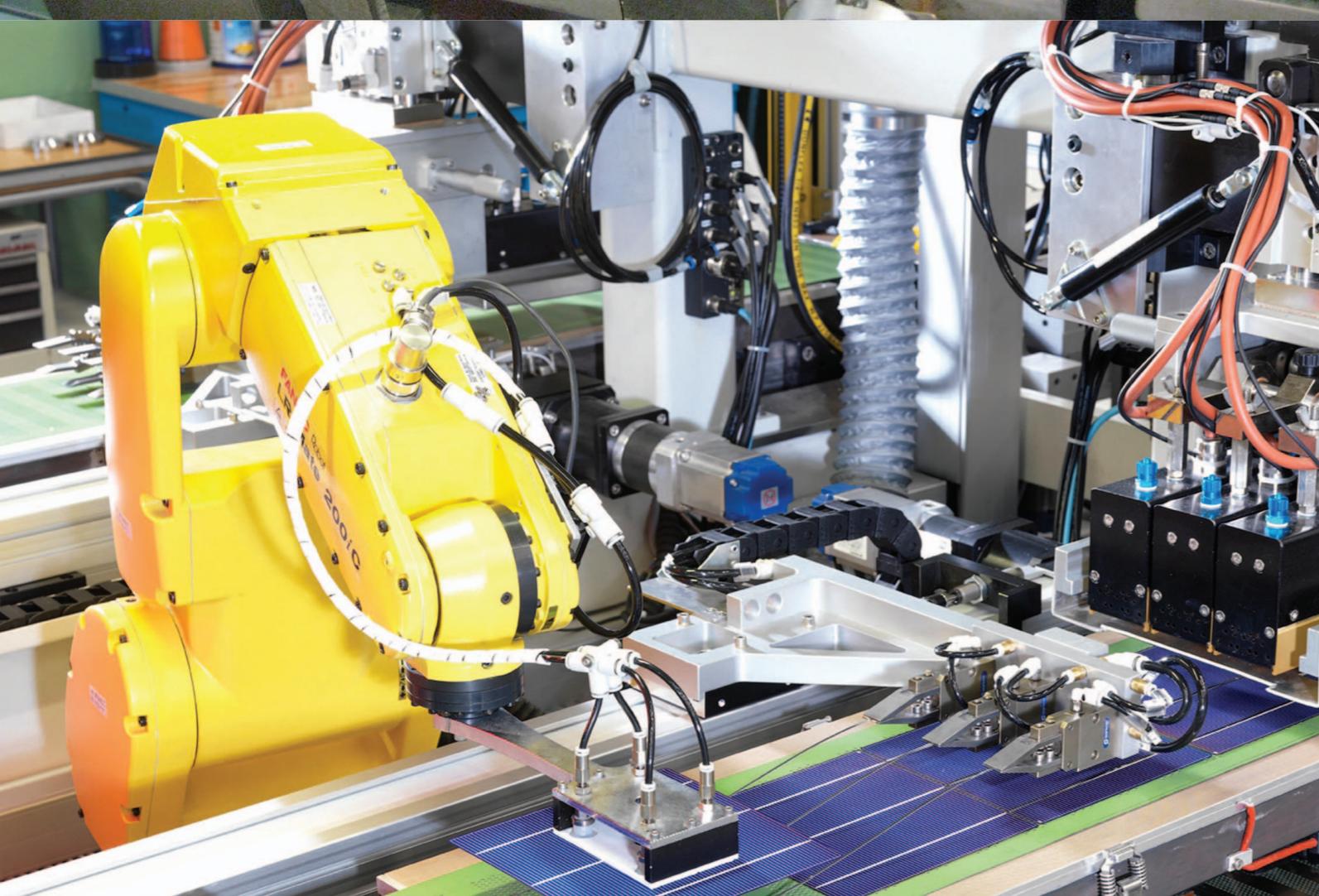
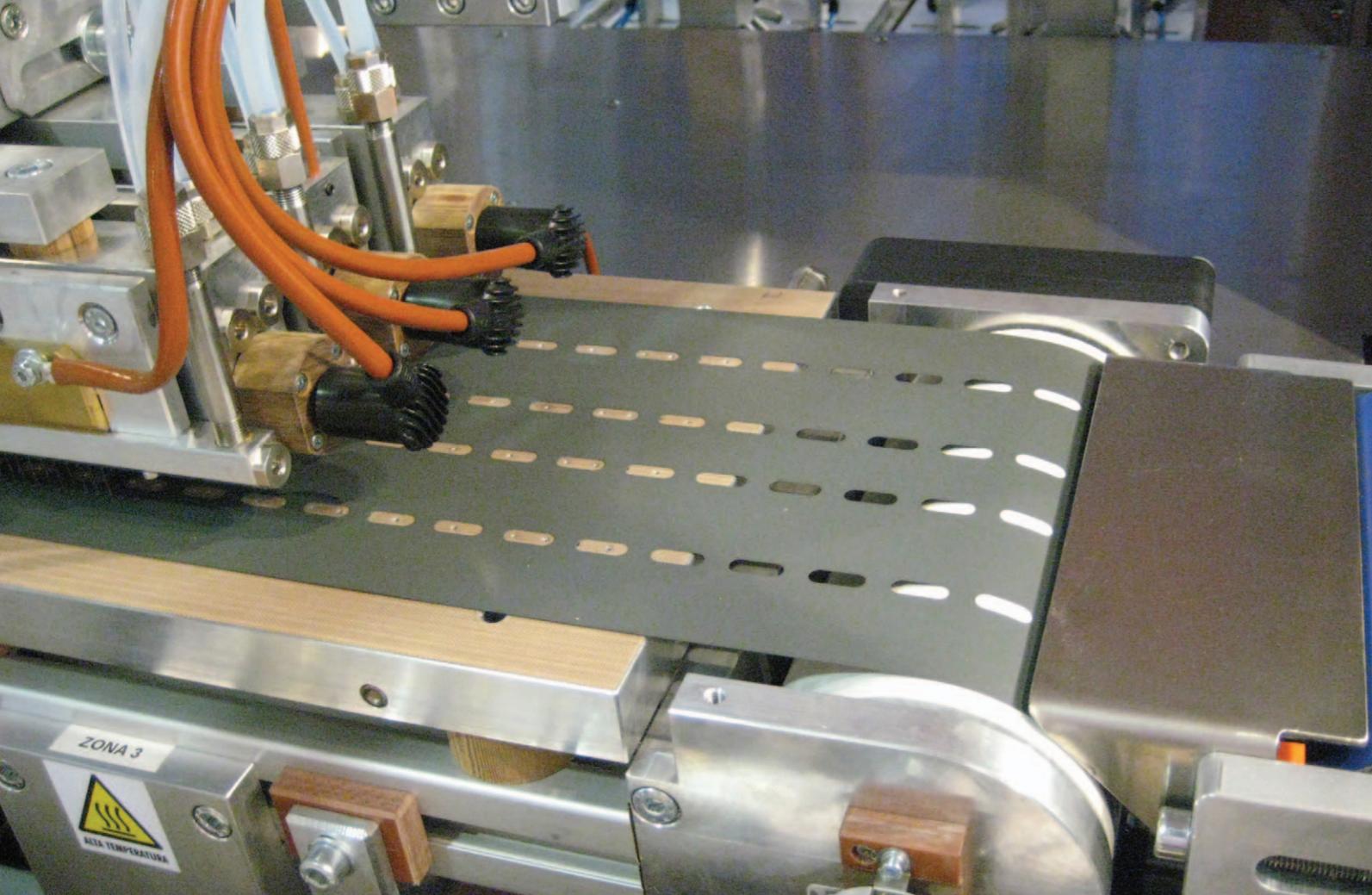
취급 • 스틸벨트 • 타이밍 벨트 • V 벨트 • Volta 콘베아 벨트 • V 풀리 • 타이밍 풀리
품 목 • 자동 텐션너 OttoTen • 커플링 Roflex Tireflex Siflex HRC

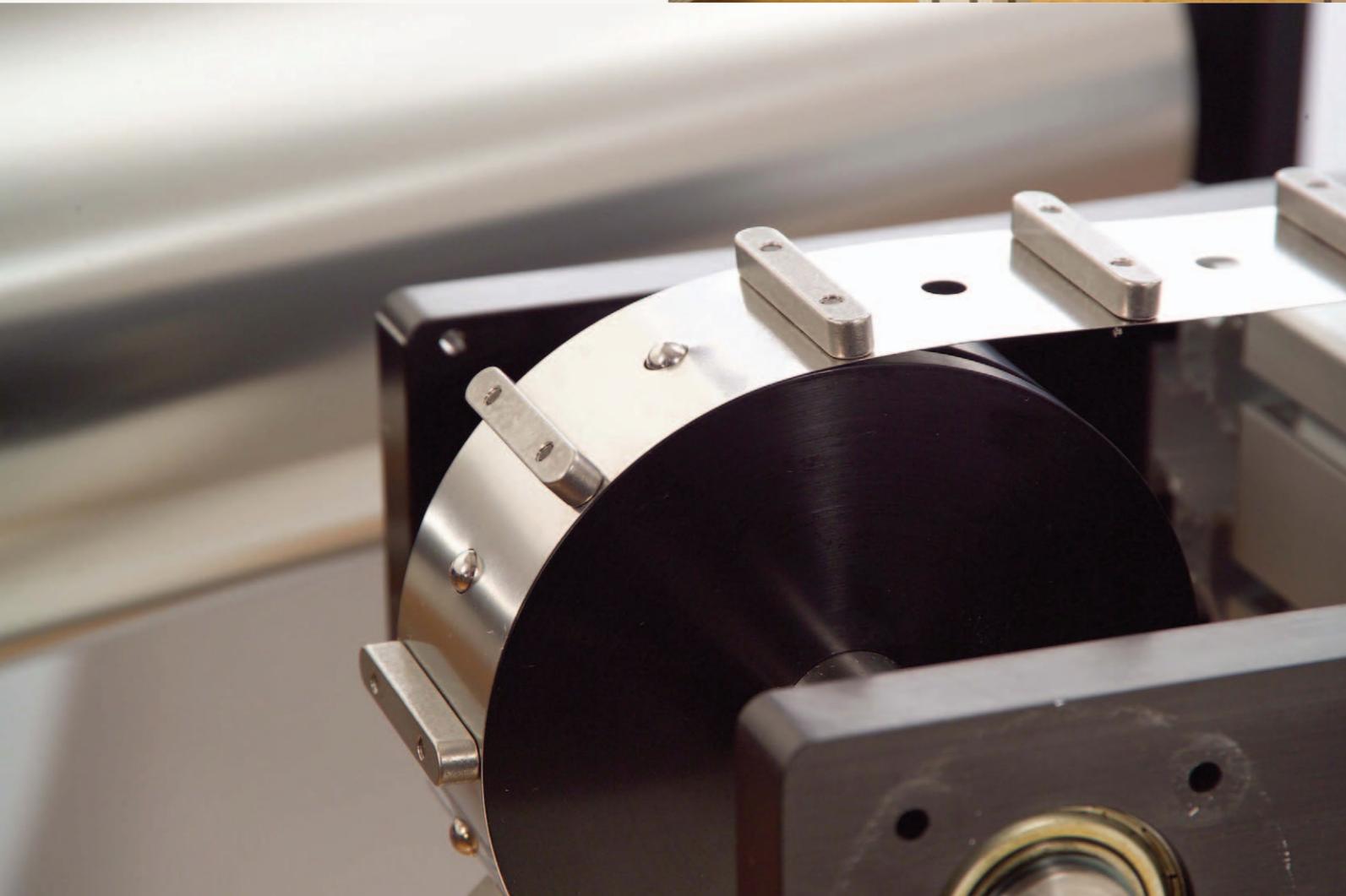
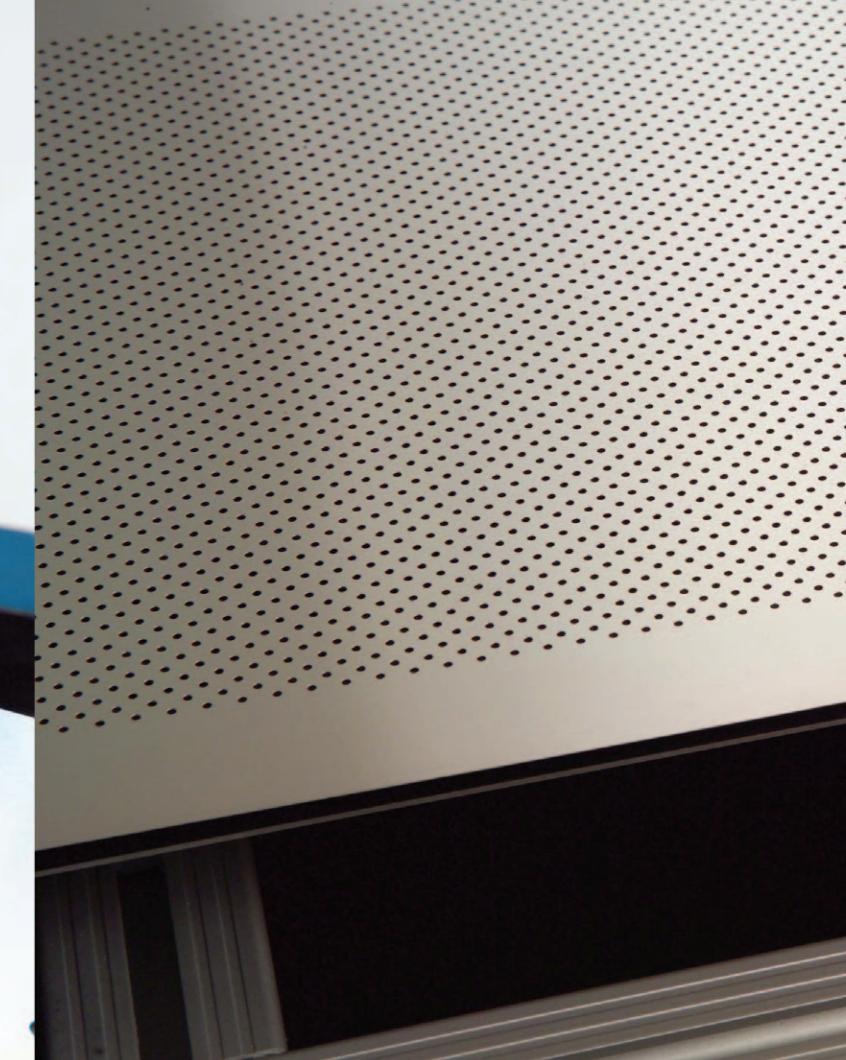
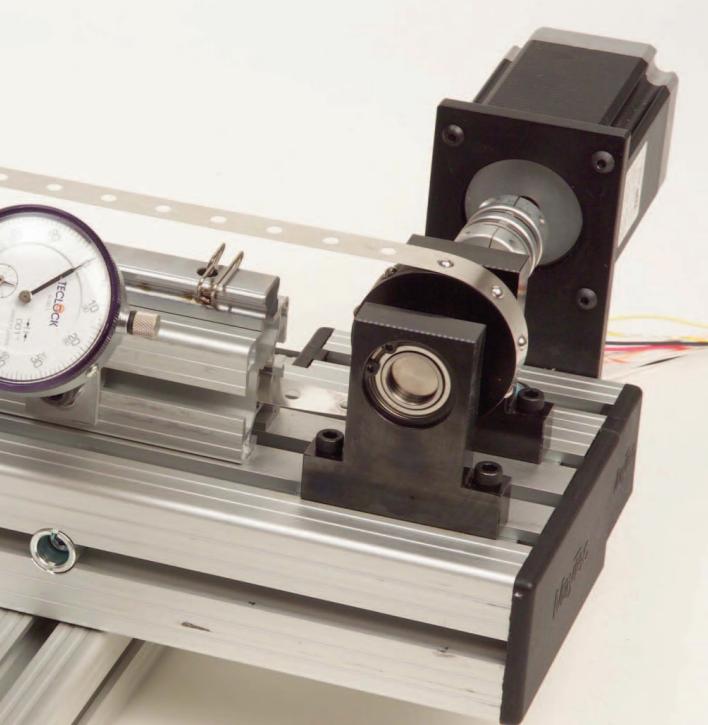


CONTENTS

CHAPTER 1	개요	06
CHAPTER 2	스틸벨트 선택요인들	07
CHAPTER 3	스틸벨트 종류 및 특성	08
	엔드레스 평벨트	
	타공 벨트	
	어텟치먼트벨트	
	드라이브 오픈벨트	
CHAPTER 4	스틸벨트 풀리	11
	풀리형상	
	풀리소재	
	가공공차	
	풀리타입	
CHAPTER 5	표면 처리	14
	테프론	
	우레탄 & 네오프린	
	실리콘	
	경질아노다이징	
	기타옵션	
CHAPTER 6	설계시 고려사항	16
	스틸벨트 설계 시 가이드라인	
	부하	
	벨트 길이 및 가공 정밀성	
	벨트 신율	
	제로 백래쉬	
	위치제어 정밀성	
	반복 정밀성	
	벨트 트래킹	
	타이밍	
	텐션	
	견고한 프레밍	
	벨트 역곡	
	캔틸레버식 샤프트	
	도자성	
	벨트 치짐 현상	
	고온특성	
	벨트밀림현상	
	벨트 수명	
CHAPTER 7	금속 소재별 특성	27
부록	설계사양 (CHECK LIST)	







CHAPTER 1

개요

Belt Technologies 사는 새로운 기계를 설계하거나 개선이 필요할 때 도움을 주고자 이 가이드북을 발간하게 되었습니다.

당사는 스틸벨트의 개념을 세계 최초 도입한 이래 25년 이상을 스틸 소재로 벨트를 제작하고, 이에 적합한 풀리를 공급하고 있습니다.

스틸 벨트의 주된 적용성은

- 정밀한 위치제어 (Precision Positioning)
- 타이밍 (Timing)
- 이송 (Conveying)
- 전동 (Power Transmission)
- 포장기 (Packaging) 및 기타 자동화 기계(Automated Manufacturing Operation) 등이 있습니다.

스틸 소재 벨트 방식은 고무나 수지제 벨트 방식으로의 이송형태나 스크류나 체인, 타이밍 벨트에 의한 전동 방식에 비해 여러 면에서 우수한 장점들이 있습니다.

- 고정밀성 (Superior Precision)
- 제어능력 (Control)
- 긴수명 (Longevity)
- 경제적 효과 (Cost Effectiveness)

당사는 엔지니어들이 새롭고 다양한 개념으로 스틸벨트를 적용하기로 하는 시점부터 고객사에게 설계자료를 제공하고, 다양한 금속 소재의 선택 및 가공관련 상담을 진행하며, 고성능 High Energy Beam으로 벨트 엔드레스를 수행하며, 이에 따른 치구를 자체 제작하고, 온도 및 습도가 완벽하게 조절된 생산 설비를 유지하고 있습니다.

본 가이드북이 엔지니어들로 하여금 금속 벨트의 장점을 이해하고 적합한 사양을 결정하는데 있어서 유익한 지식을 제공하는 자료가 되기를 바랍니다.

새로운 프로젝트를 수행함에 있어서 당사의 오랜 성공경험과 자료를 필요로 할 때 본 가이드북의 마지막 페이지 CHECK LIST를 보내주시기 바라며, 당사 홈페이지 www.jkop.co.kr 에서 다운로드 하여 사용 하실 수 있습니다.



CHAPTER 2

스틸벨트 선택 요인들

CHAPTER 2 스틸벨트 선택 요인들

엔지니어가 스틸벨트를 선택하려고 하는 이유는 일반적으로 사용하는 범용 소재의 벨트들이 갖는 몇가지 특별한 한계조건을 해결하고자 함이며, 그 요인들은 다음과 같습니다.

1. 고장력 콤팩트한 설계 (High Strength-to-Weight Ratio)

고장력과 저하중 소재의 선택은 콤팩트한 기계를 설계하려 할 때 모든 기계 요소에서 기본적으로 고려하는 주요 조건이며, 스틸벨트는 이러한 조건에서 최선의 선택입니다.

2. 내구성 (Durability)

고온과 저온의 극심한 온도조건, 화학약품에 노출, 진공실 내부에 설치, 높은 습도와 부식 등 악조건에도 우수한 성능을 발휘합니다.

3. 윤활유 불필요 (NO Lubrication)

금속 소재로 된 체인이나 링크 형태의 벨트와 달리 스틸벨트는 구성 부품이 하나이므로 윤활유가 필요없어 설비를 깨끗이 유지하도록 합니다.

4. 내신장성 (Non-Stretchable)

여타 모든 벨트나 체인은 상당부분 늘어나지만 스틸벨트는 늘어나지 않으므로 정밀 위치 제어가 필요한 설비에 가장 이상적인 선택입니다.

5. 정숙 주행 (Smooth Operation)

기계 가동 중 발생하는 진동이 일반벨트나 체인에 전이되거나 증폭되어서 위치 제어에 오차를 발생하는 사태를 방지합니다.

6. 반복 정밀성 (Accurate and Repeatable)

스틸벨트는 피치 정밀도 $\pm 0.013\text{mm}$ 로 제작되어 인덱싱, 위치제어, 정밀 가공기에 최선의 선택입니다.

7. 열 및 전기전도성 (Good Thermal and Electrical Conductivity)

스틸벨트는 열에너지, 냉기, 전기 전도성이 높습니다.

8. 대전방지성 (No Static Build Up)

정전기를 즉시 방출하여 IC칩, 콘덴서, 반도체 관련 제조설비에 적합합니다.

9. 청결성 및 크린룸 (Clean and Clean Room)

타이밍벨트나 평벨트와 달리 파티클이나 분진 발생의 원인이 없으므로 식품 및 의약품 가공설비, 전자공장의 클린룸 설비에 적합합니다.

10. 정밀 제작 (Precise Construction)

벨트 앗지가 곱게 연마되고 제작 공차는 매우 적어 시스템의 정밀도를 향상시킵니다.

CHAPTER 3

스틸벨트 종류 및 특성

1. 엔드레스 평 벨트 (Plain Belts)

테이프 형태로 재단된 금속 소재의 양 끝단을 우주항공 기술에 적용되는 High Energy Beam 기술로 접착(Butt Welding)하여서 엔드레스 부위가 견고하고 매끈하게 가공되어 제공하며,

주 사용처는

- 콘베아 벨트 (Conveying)
- 벨트상에서 열접착 실링기 (Heat Sealing)
- 주조설비 (Casting)
- 인쇄기 (Imaging)
- 솔라셀 모듈 (Solar Cell Module)

2. 타공 벨트 (Perforated Belts)

평 벨트상에 원형 또는 사각형 구멍을 기계적 또는 비충격식 방법으로 정밀하게 가공하여 제작되며,

주 사용처는

- 타이밍 (Timing)
- 위치제어 (Carriage Position)
- 진공이송 (Vacuum Conveying)
- 직물이송 (Web Conveying)
- 인덱싱 (Indexing)

Figure 1. Plain Belts

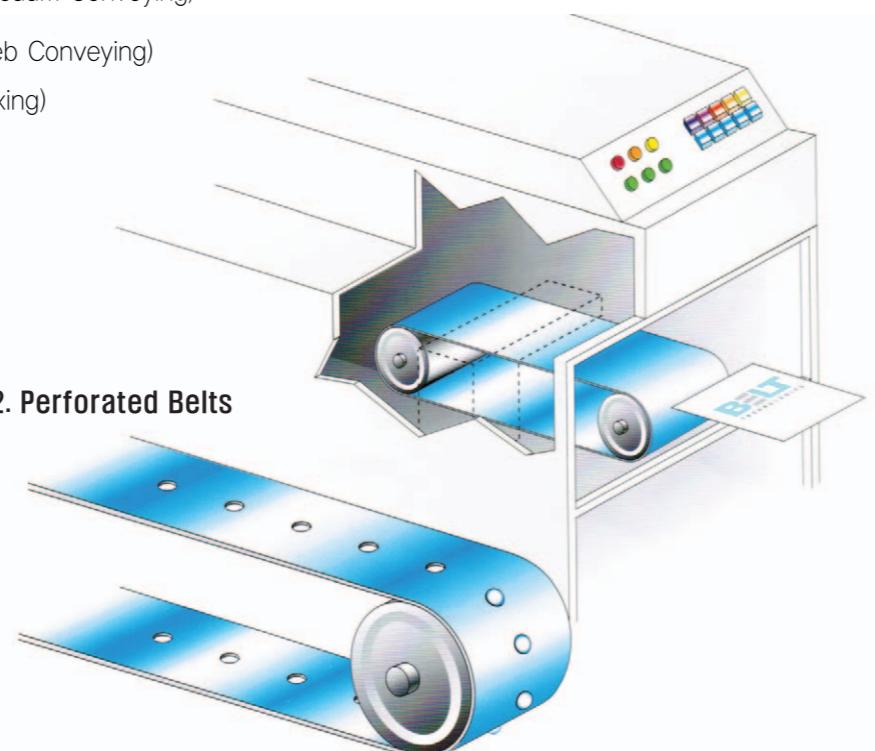
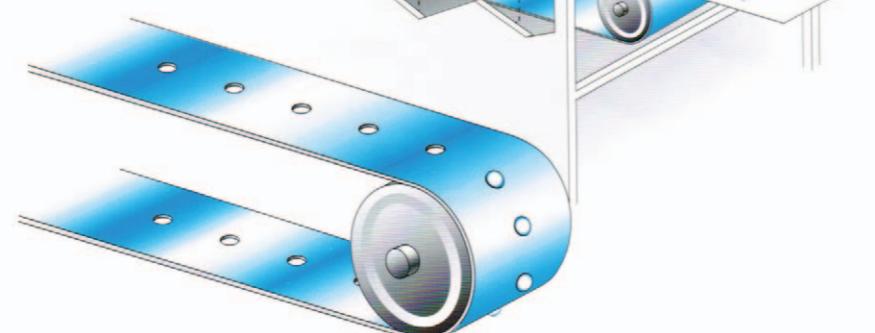


Figure 2. Perforated Belts



3. 어택치먼트 벨트 (Belts with Attachments)

평벨트에 어택치먼트를 조립할 구멍을 정밀한 피치로 뚫어 제작하며, 이송제품이 정위치에 놓여야하고 또한 반복 정밀성이 특별히 요구되는 제조공정에서 적합합니다.

주 사용처는

- 정밀 위치제어 인덱싱 (Precision Position Indexing)
- 자동 조립라인 (Automated Drives)
- 리드 프레임 구동라인 (Lead Frame Drives)
- 타이밍 이송라인 (Timed Transfer Line)
- 포장기 (Packaging Systems)

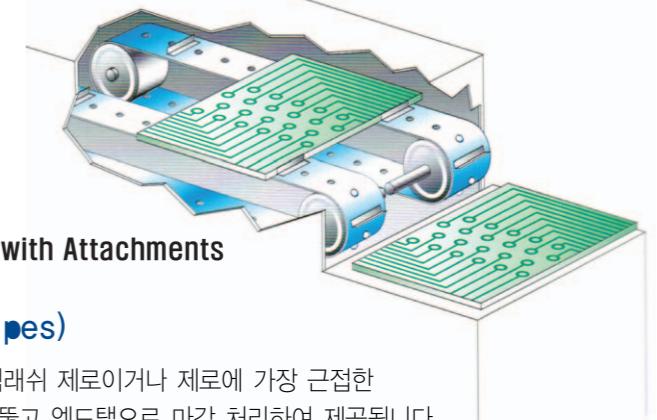


Figure 3. Belt with Attachments

4. 드라이브 오픈벨트 (Drive Tapes)

드라이브 벨트는 스틀벨트 속성상 백래쉬 제로이거나 제로에 가장 근접한 오픈형 벨트로서, 양 끝단에 구멍을 뚫고 엔드탭으로 마감 처리하여 제공됩니다.

주 사용처는

- 위치제어 캐리지 (Carriage Positioning)
- 플로터 (Plotters)
- 로보트 암 (Robot Arms)
- 검사장치 헤드 (Read/Write Head)
- 광학 시스템 구동장치 (Optical Element Drives)

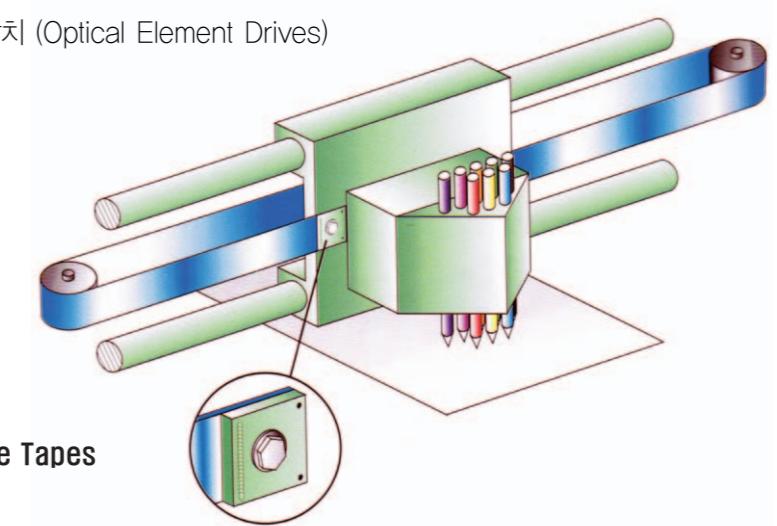


Figure 4. Drive Tapes

5. 복합형 벨트 (Combination Belts / Tapes)

시스템의 목적을 충족하기 위하여 때때로 벨트에 구멍을 뚫어 진공상태로 이송하거나 어택치먼트를 조립하기도 하고, 특별한 형상으로 제작된 코팅소재를 본딩하거나 다양한 코팅 소재로 표면 처리된 벨트를 제공합니다.

주 사용처는

- 부품의 타이밍 공급 (Timed Parts Nesting)
- 부품의 정위치 상태 이송 (Component Orientation and Conveying)
- 자동 치수 검사기 (Automated Dimensional Inspection)
- 자동 전기특성 검사기 (Automated Electrical Inspection)
- 고속 포장기 (High Speed Packaging)
- 절단기 (Cutting)

Figure 5. Combination Belts



CHAPTER 4

풀리

모든 스틸 평 벨트와 스틸 오픈 벨트는 특별히 고려된 전용 풀리로 구동됩니다.

Belt Technologies 사는 엔지니어의 요구에 부합된 맞춤 설계로 풀리를 제작하여서 스틸 벨트를 안전하고 효과적으로 사용할 수 있도록 합니다.

1. 풀리의 형상

대부분의 풀리는 3종류의 기본 형태 중 하나를 취하게 되며 라운드 바 형, I-beam 형, 캡튜브 형이 있습니다. 이 세 가지 기본형태에 특허 디자인 사양에 따라 타이밍 볼을 취부하거나 또는 타이밍 포켓과 릴리프 채널을 가공하여 사용하기도 합니다.

▶ 라운드바 形

가장 기본이 되는 타입으로서 저렴하고 보편적으로 사용되며, 통상적으로 직경 150mm 이내 풀리 폭 100mm 이내로 설계합니다.

▶ I-Beam 形

직경이 커지고 풀리 폭이 늘어나면 중량에 의한 관성이 커지므로 I-Beam 형태로 선반 가공하여 중량을 대폭 줄일 수 있으며, 웨ب 면에 홀 가공을 더하면 추가 감량의 효과를 얻을 수 있습니다.

▶ 캡튜브 形

살이 두꺼운 표준 파이프 자재를 선택하고, 튜브 형태의 양 끝단에 엔드캡을 부착함으로써 풀리의 중량을 감소시키는 형태입니다.

이때 엔드캡은 정밀하게 가공돼야 하고 조립된 풀리의 동심도와 풀리의 원형 유지가 완벽해야 하며, 더불어 부하에 견딜 수 있도록 제작 돼야 합니다.

2. 풀리 소재

▶ 알루미늄

경질 처리된 알루미늄 풀리가 보편적으로 사용되는데, 이는 경량이면서도 충분한 강성을 갖고 비용도 저렴하기 때문입니다. 그러나 지나친 고온과 진공실 내에서 가스가 분사된다면 사용에 제한 조건이 됩니다.



Figure 6.
Pocketed and Ball Bearing Pulleys

▶ **스테인레스 스틸**

내부식성이 요구되는 조건에서 최상의 선택이 되며, 내마모성과 강성에서도 우수합니다.
특수 조건이 부여된다면 다양한 스테인레스 합금 소재 중에서 적합한 소재를 선택할 수 있습니다.

▶ **비금속 소재**

일부 플라스틱 소재는 우수한 내마모성과 고강도 특성을 갖습니다.
동일 사양의 풀리가 다량으로 필요할 시 유용하며 플라스틱 종류별 특성에 따라 소재를 선택하게 됩니다.

3. 가공공차

아래 표1은 타이밍 풀리나 마찰 구동형 평풀리의 기본 사양 설계에 표준 공차로 적용하며 풀리의 형태가 라운드 바, I-Beam 또는 캡 투브형 등 모든 풀리 형상에 공통 적용합니다.

Table 1. 풀리 공차 (최대직경 355mm이내)

	TIMING PULLEY Inches(mm)	FRICTION PULLEY Inches(mm)
Tape Support Diameter(O.D.)	±.0015" (.025)	±.002" (.051)
Face Width	±.010" (.127)	±.010" (.127)
Bore Diameter	±.001"/-0.0000" (+.025/-0.00)	±.002"/-0.0000" (+.051/-0.00)
Concentricity	.002" (.025)	.002" (.025)
Timing Location	±10 arc seconds	N/A



4. 풀리 탑입

풀리의 소재나 형상에 관계없이 모든 풀리는 마찰 구동방식의 평풀리와 치 구동방식의 타이밍 풀리의 2가지 중 하나입니다.

▶ **마찰 구동형 평 풀리 (Friction Drive)**

평 풀리 표면에 아무런 타이밍 요소를 가공 또는 부착하지 않은 일반적 형태의 기본형 풀리입니다. 평 풀리에 크라운 가공은 벨트에 장력이 주어질 때 벨트 변형이 발생하므로 추천을 하지 않습니다. 벨트 변형이나 수명 단축등에도 불구하고 크라운 가공을 한다면 크라운가공이 원주표면 전체로 미세하게 하여 벨트 스트레스를 줄이는 방안을 선택해야 하며, 사다리꼴 형태의 크라운 풀리로 설계한다면 굴곡이 시작되는 부위를 완만하게 가공하여 벨트 스트레스를 최대한 줄여야 합니다.

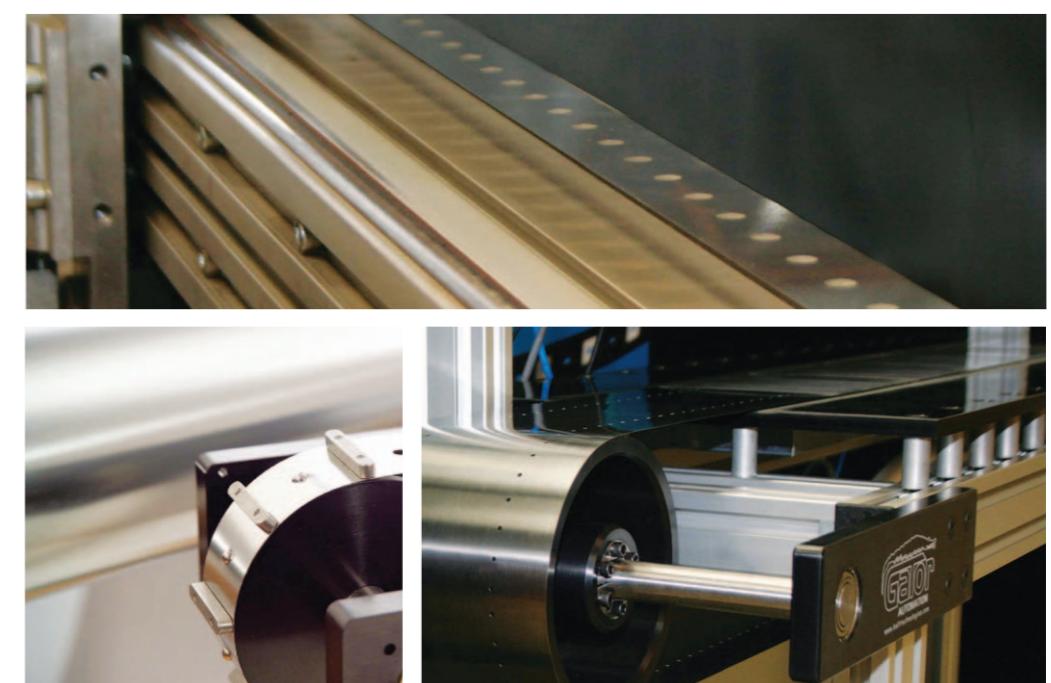
▶ **타이밍 풀리 (Timing)**

타이밍 풀리는 치 돌출형 또는 포켓형의 두 종류가 있습니다. 타이밍 풀리를 적용하는 기본 개념에서 유의해야 할 점은 구동은 풀리 표면과 벨트 마찰에 의해 이루어지고 타이밍 치형부는 단지 타이밍 효과만을 얻기 위함임을 알아야 합니다.

타이밍 치형부는 계속되는 접촉에 의한 마모를 줄여야 정밀 위치제어가 가능하므로 특별히 내마모성이 요구되는데, Belt Technology사의 특허 타이밍 풀리는 강화된 볼 베어링을 사용하고 있으며 원주의 유효지점에 정확히 취부되어 있습니다.

피동 풀리나 아이들러는 마찰 구동형 평 풀리와 같으며, 타이밍 벨트 사양에 따라 릴리프 채널이 추가되기도 합니다.

주) 평풀리와 타이밍 풀리는 벨트폭보다 적은 풀리폭으로 설계가 가능합니다. 이로써 풀리 중량을 감소시키고 벨트 정렬이 쉬워지는 장점이 있는데, 풀리폭은 벨트폭의 1/2보다 적어서는 안됩니다.



CHAPTER 5

표면처리

스틸벨트나 전동용 오픈 벨트 및 풀리등에 코팅, 도금, 라미네이팅 및 본딩 등의 표면처리를 하면 금속 고유의 표면특성을 변화시켜 엔지니어가 원하는 상태로 사용할 수 있습니다. 표면처리 방법에 따라 약간의 차이는 있지만 표면처리 두께는 0.025mm이하를 권장합니다. 벨트나 풀리의 표면은 통상 매끈하게 가공된 상태로 사용되나, 때로는 소형부품을 담아 이동할 수 있는 포켓을 만들기 위하여 스틸벨트상에 편침이나 다이컷 방식으로 원하는 형태의 포켓을 가공하여 사용하게 됩니다. 포켓 안에 담겨진 소형 부품이 안전하게 고정되어 이송되도록 하기 위해서는 이송물체가 진공 흡착되어 안전하게 이송될 수 있도록 별도의 구멍을 추가로 설계할 수 있습니다. 가장 보편적인 표면처리소재의 기계적 물리적 기본 특성은 Table 2에서 참고하시기 바랍니다.

Table 2. 표면처리 소재별 특성

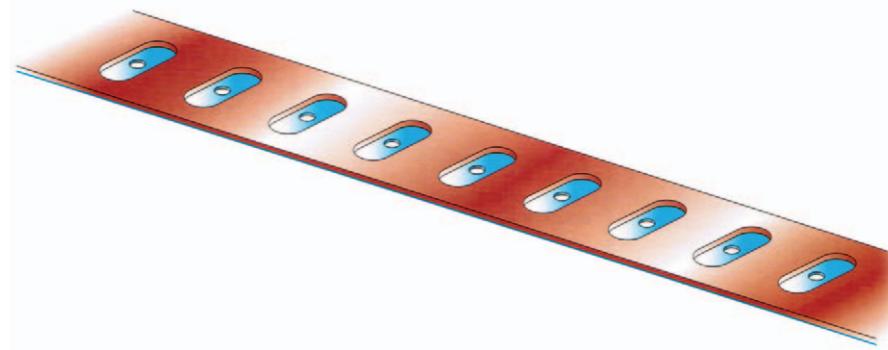
COATING MATERIAL	CHIEF CHARACTERISTICS	OPERATING TEMPERATURE	THICKNESS Inches[mm]	COLOR
TEFLON®TEF	Anti-Stick	up to 600° F up to 315° C	.001" (.025)	Black Green
TEFLON®FEP	Corrosion Resistance Low Temperature	up to 428° F up to 220° C down to -328° F down to -200° C	.001" to .030" (.025 to .75)	Metallic Gray
TEFLON® SILVERSTONE	Food Contact Approved	up to 600° F up to 315° C	.001" to .006" (.025 to 0.15)	Metallic Gray
TEFLON®550	Hard Teflon for Abrasion Resistant	up to 446° F up to 230° C	.001" to .0015" (.025 to 0.38)	Black
SILICONE RUBBER	Excellent Release High Friction	up to 392° F up to 200° C	.004" (0.10)	Various
POLYURETHANE Moldable	High Friction	up to 158° F up to 70° C	.008" to .125" (.203 to 3.175)	Various
NEOPRENE RUBBER	Compressibility Die Cut Pockets	up to 158° F up to 70° C	.016" to .250" (.40 to 6.4)	Black

1. 테프론 (Teflon®)

가정용 조리 기구에 놀라붙지 않는 코팅소재로 테프론이 사용되면서 이제는 일반인들에게도 친숙한 단어 중 하나가 되었습니다. 요즘에는 다양한 테프론 소재가 개발 되었는데, 각 종류마다의 특화된 성질 즉 비점착성, 윤활성, 내마모성, 온도 허용범위 및 색상으로 차별을 두고 있습니다.

2. 우레탄 및 네오프린 (Urathane, Neoprene)

스틸벨트에 우레탄이나 네오프린 소재를 본딩 처리하면, 벨트 표면의 마찰계수를 변화시킬 수 있으며 또한 충격에 민감한 부품이 손상되지 않도록 합니다. 이송 부품을 벨트상에 고정시키려 한다면 코팅 소재의 표면에 필요한 형태로 다이컷하여 스틸벨트에 본딩 처리하여 사용하며, 추가로 진공 흡착용 구멍 가공을 하기도 합니다.



3. 실리콘 (Silicone)

일반 코팅소재로 해결할 수 없다면 실리콘을 대안으로 생각할 수 있습니다. 실리콘은 마찰계수가 매우 높고, 비점착 성능이 뛰어나고 유연성이 좋으면서 고온에 잘 견디는 뛰어난 특성들이 있습니다. 스틸벨트에 실리콘을 본딩 처리하는 공정은 매우 어려워 완벽하지는 않으나 사용상에 큰 문제가 없을 정도의 수준까지 와 있습니다.

4. 경질 아노다이징 (Hard Coat Anodize)

알루미늄 풀리에 경질 아노다이징 표면처리를 하면 풀리의 강도가 높아지고 내마모성과 내부식성을 향상시킵니다. 표면처리 과정을 거치면서 알루미늄의 산화층이 풀리 내부까지 침투되어 내구성이 보강되는 우수한 피막처리 방법의 하나이며, 표면이 미려하고 균질성이 우수하여 정밀한 풀리를 얻을 수 있습니다.

5. 기타 옵션

표면처리 방법은 상기 이외에도 매우 다양하게 활용할 수 있는데 그 중 몇 가지를 추가한다면 불화 탄화수소 화합물처리, 구리피복, 금도금, 다이아몬드 분말 본딩 등이 있습니다. 기타 특수 처리 조건에 대해 당사 기술진과 협의가 필요할 시 문의바랍니다.

CHAPTER 6

설계시 고려사항

앞 장들의 내용을 숙지함으로써 스틸벨트를 설계 하는데 필요한 기본 정보를 얻었으리라 생각 됩니다. 이 장에서는 여러분이 설계하고자 하는 시스템의 성능 최적화에 필요한 요소들을 점검하고자 합니다.

모든 시스템은 각각이 독특하고 특별한 조건을 요구하고 있어서 한번에 그 모두를 검토하고 토론하는 것은 불가능 합니다. 따라서 아래의 설계 기본 고려 사항들을 이해 하시고, 기타의 사항들에 대해서는 당사의 엔지니어들과 같이 여러분의 설계에 관한 아이디어와 방법들을 논의할 기회가 있기를 바랍니다.

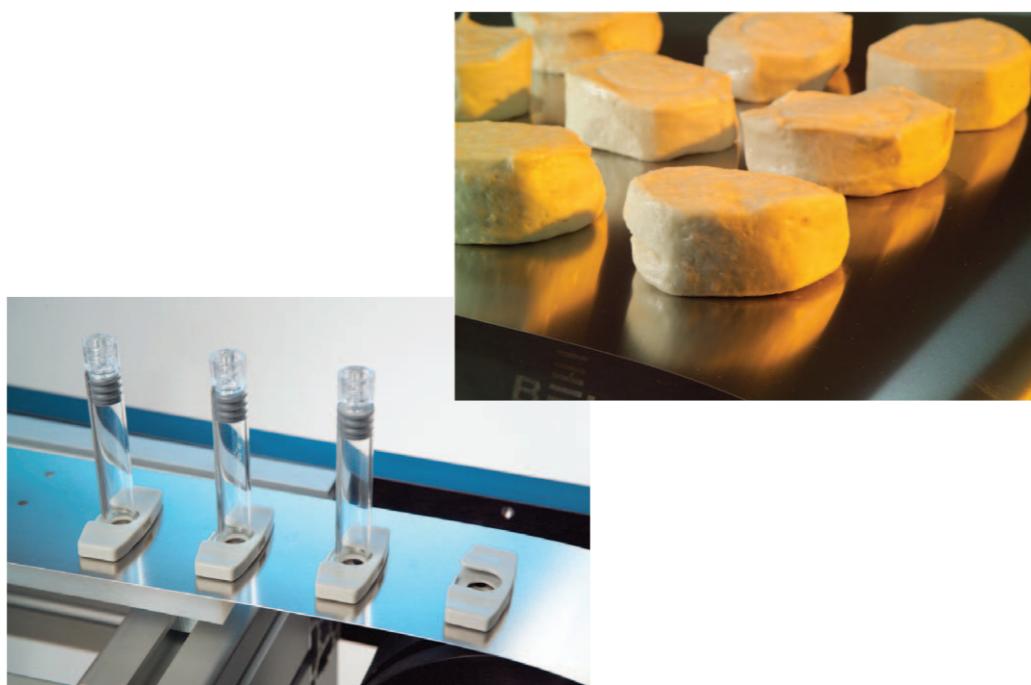
1. 스틸벨트 설계시 가이드라인

- 가능한 최소 수량의 풀리 사용
- 직경이 큰 풀리 사용
- 벨트의 역곡이 없도록 시스템 설계
- 벨트 길이가 길면 벨트 폭을 넓게 설계

2. 부하 (Load)

시스템을 설계할 때는 항상 벨트에 주어지는 다양한 부하 조건들을 모두 점검해야 합니다. 즉, 정속 주행시의 조건뿐만 아니라 순간 부하 변동, 예기치 못한 비정상적인 상태의 부하 가능성, 기동시의 최대 부하 등에 대한 고려가 있어야 하며, 벨트가 어느 조건에 놓여있다 하더라도 벨트가 보유한 최대 허용 강도치(Ultimate Strength) 이내로 설계되어져야 합니다.

따라서 벨트 스트레스를 유발하는 다음의 4단계에 대한 부하 값을 계산하시기 바랍니다.



Step 1. Working Load(F_w) 계산

벨트의 운전 하중값은 모터의 토크값(Motor Torque Rating), 이동 하중 및 가속 하중값, 그리고 시스템의 특성에 추가 부하값을 분석 종합하여 반영하게 됩니다. 아래 그림 Figure 8에서의 운전부하 값은

$$F_w = F_1 - F_2$$

F_w is related to the torque by the equation :

$$F_w = \frac{T_1}{1/2D_1} = \frac{T_2}{1/2D_2}$$

And to power by :

$$F_w = \frac{33000 \times HP}{V}$$

D_1 and D_2 = pulley diameters

T_1 and T_2 = torque action on respective pulleys

F_1 and F_2 = force on belt at each pulley in Newtons

Where : V = velocity in ft/min

And to acceleration by :

$$F_w = ma = (L/g) \times a$$

Where : L = load on belt in lbs, $g = 32.2 \text{ ft/sec}^2$

a = acceleration of load in ft/sec^2

Step 2. Highest Load(F_1) 계산

2개의 풀리로 구성된 시스템을 보여주는 그림 Figure 8은 F_1 에 벨트 최대 하중이 실립니다. 마찰 구동 방식의 시스템에서 $F_w = F_1 - F_2$ 의 공식과 연관되어 벨트가 슬립하지 않고 운전이 가능하려면 F_1 과 F_2 의 값을 다음의 공식으로 계산합니다.

Where : $e = 2.71828$

$$\frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = e^{\mu\theta}$$

μ = coefficient of friction between belt and pulley
 θ = angle of wrap in radians of belt on pulley
 F_c = centrifugal force acting on belt

For a metal belt with a standard finish (such as 0.4 micro-meter) operating on a machined metal pulley, experience has shown the value of μ ranges between 0.25 and 0.45.

One advantage of a thin metal belt is that F_c is usually negligibly small and can be Disregarded. Thus, in most cases, the formula can be simplified to :

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\theta}$$

Substituting for F_2 and solving for F_1 , this becomes :

$$F_1 = \frac{F_w e^{\mu\theta}}{e^{\mu\theta} - 1}$$



Figure 8.
벨트에 걸리는 부하 스트레스
(Loading Stress)

Step 3. Bending Stress (S_b) 계산

금속제 벨트가 풀리를 감아서 돌아가면 벨트에 많은 굴곡 피로 부하(S_b)가 쌓이게 됩니다. Step 4에서의 총하중 (St)값을 계산시 굴곡피로부하(S_b)와 운전하중(S_w)를 합하게되는데, 굴곡 피로값을 구하는 공식은

$$S_b = \frac{Et}{(1-u^2)D}$$

Where :
 E=modulus of elasticity in psi
 t=belt thickness in inches
 D=smallest pulley diameter in inches
 u=Poisson's Ratio

굴곡 피로도 값은 벨트 두께와 풀리 직경을 미리 산정하여 가정한 상태에서 값을 구하게됩니다.

풀리의 외경은 통상 시스템의 공간제약이나 시스템 특성에 맞추어 쉽게 결정할 수 있는데, 이때 가능한 최대치의 풀리 직경을 선택함으로써 적정한 벨트 두께를 결정하는데 유리합니다. 이와 관계된 표 Table 3 벨트수명 (Belt Life)을 숙지하여 스틸벨트의 수명을 높일 수 있도록 설계하시기 바랍니다.

Step 4. Total Stress (St) 계산

벨트에 실리는 총하중(St)은 운전부하(S_w)와 벨트 굴곡 피로 부하(S_b)의 합산으로 구해집니다.

$$St = S_w + S_b$$

$$S_w = \frac{F_1}{b \times t}$$

Where :
 b=belt width
 t=belt thickness

- 벨트의 총하중(St)값은 Chapter 7의 Table 6 금속 소재별 특성표에서 해당 소재의 Yield Strength 값의 1/3을 초과하지 않도록 해야합니다.
- 설계상의 조건들을 만족시키기 위해 다양한 변수들을 고려하게 되는데, 이러한 변수들이 복합되어 일어나게 되면 각각의 값을 계산하여 필요한 조건이나 시스템의 요구 조건들을 조정합니다.
- 설계시 참고할 사항으로서, 굴곡 피로도 값은 변형하지 않고 벨트 폭을 넓히는것만으로도 운전부하 값(S_w)을 줄일 수 있으며, 풀리 직경을 키우면 굴곡 피로부하(S_b)를 줄일 수 있고, 두꺼운 벨트를 선정하면 운전 부하값(S_w)을 줄일 수 있습니다.

Table 3. 벨트수명 (Belt Life)

PULLEY DIAMETER TO BELT THICKNESS RATIO	BELT LIFE EXPECTANCY
625:1	1,000,000 cycles or greater
400:1	500,000
333:1	165,000
200:1	85,000

주) 2개 풀리 시스템으로서 마찰 구동 방식 조건 기준

표준사양

- 스틸벨트 두께 : 0.002"(0.051mm)~0.032"(0.8mm)
- 표준풀리경 : $\phi 2"(50mm) \sim \phi 10"(254mm)$

(사용예)
 벨트 두께 0.005"와 풀리경 3.125"의 조합은 벨트 수명 1,000,000사이클을 시현한다.

3. 벨트 길이 및 가공 정밀성 (Length and Positioning Accuracy)

스틸벨트의 가장 큰 장점 중 하나는 벨트 길이의 정밀성인데, 벨트 길이가 정밀함으로써 훌피치 오차를 $\pm 0.0005"$ 이내로 제어할 수 있습니다. 2개 풀리 시스템에서 두개의 풀리경이 같을 때 벨트 길이를 구하는 공식은

$$L = (2xC) + (D+t)$$

L = 벨트길이, C = 풀리간의 거리, D = 풀리경 t = 벨트두께 $\pi = 3.14159$

벨트의 수명을 최대로 올리기 위해서는 풀리경이 클수록 유리하며, 벨트의 두께와 풀리경의 상관관계에 따른 벨트의 예상수명은 앞페이지 Table 3를 참고하시기 바랍니다. 통상적으로 벨트 두께는 0.002" (0.051mm) ~ 0.032" (0.813mm)를 추천하며, 풀리경은 통상의 경우 2" 이상으로 사용을 권장합니다.

4. 벨트 신율 (Belt Stretch)

스틸벨트는 초기 텐션을 준 상태에서 사용하면 벨트의 늘어남이 없는 독특한 특성을 가지고 있습니다. 평벨트의 신율은 아래 공식으로 계산하고 훌 가공된 스틸벨트의 신율은 본사에 문의하시기 바랍니다.

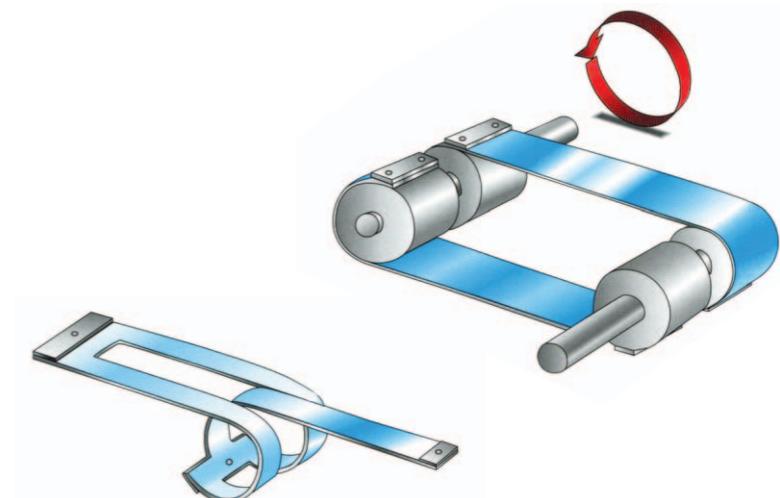
$$\Delta L = PL / AE$$

ΔL = 늘어난 길이 (inch), P = 텐션값 (pound), L = 초기 벨트길이 (inch)

A = 벨트폭 (inch) E = 영율 (Young's Modulus – 소재별특성표 참조)

5. 제로 백래쉬 (Zero Backlash)

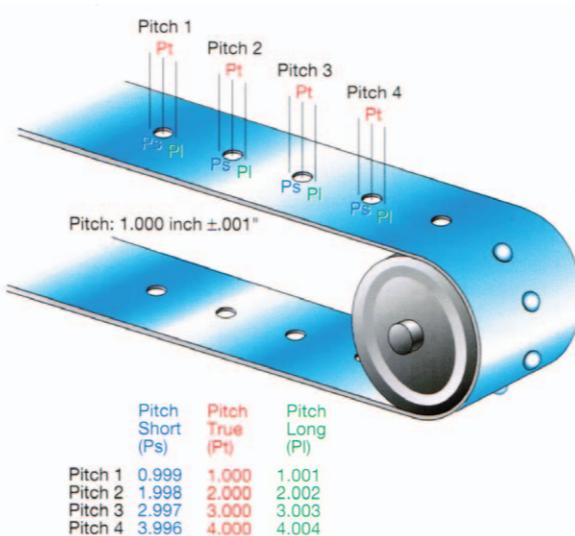
위치 제어를 정밀하게 하고자 한다면 스틸벨트가 갖는 백래쉬 제로 특성을 이용하여 두개 벨트를 한쌍으로 전후 왕복을 하도록 설계하거나, 설계자의 창의적인 아이디어로 다르게 만들 수도 있습니다. 아래 두 그림은 전통적인 백래쉬 제로 드라이브 시스템 예시입니다.



6. 위치제어 정밀성 (Positioning Accuracy)

위치제어 시스템의 정밀도는 흔이나 어ട치먼트의 피치오차에 직접적인 영향을 받습니다. 스틸 타이밍 벨트의 피치 공차는 0.0005"(0.013mm)로 정밀 제작되어 누적공차의 우려가 없습니다.

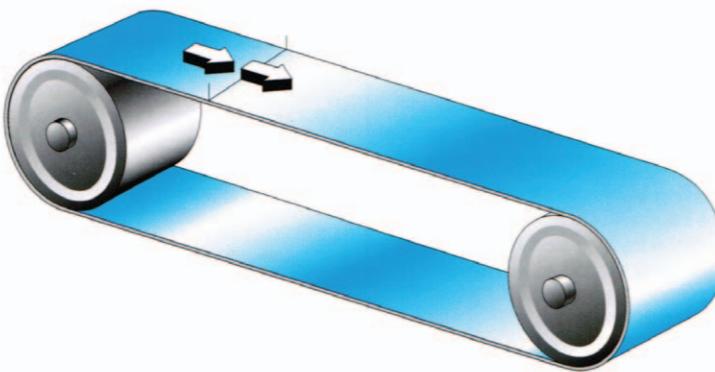
Figure 9. Positioning Accuracy



7. 반복 정밀성 (Repeatability)

연속적으로 회전하는 벨트에서 1회 회전시 원점으로 오는 반복 오차는 최소 0.002"(0.051mm)에서 최대 0.005"(0.127mm)로 최소화되어 있는데 이는 스틸벨트가 늘어나지 않는 내신장성을 갖기 때문입니다. 따라서 평 벨트나 타공 벨트, 정밀 이송용 벨트, 전동용 벨트 모두 정밀 운전을 보장합니다.

Figure 10. Repeatability



8. 벨트 트래킹 (Belt Tracking)

스틸벨트는 여타 소재의 벨트와 달리 텐션을 주어도 거의 늘어나지 않는 특성이 있어서 벨트 트래킹이 용이할 수도 있고, 때로는 어려움이 있을 수 있습니다. 스틸벨트 트래킹을 방해하는 요소가 4가지 있는데

- 시스템의 직각도 및 정렬상태 불량
- 텐션 조정 불가능한 풀리의 축 고정
- 불균형한 하중
- 벨트의 흐름 (camber) 현상으로 직각도 미흡 상태

모든 벨트는 캠버 현상을 갖고 있으며 당사에서 공급하는 스틸벨트의 흐름 오차는 1m 길이당 0.2~0.5mm입니다. 양쪽 풀리가 완벽히 직각 정렬된 상태에서 텐션을 주면 캠버현상에 의해 한쪽면이 다른쪽면보다 더욱 큰 텐션을 받게 되어서 벨트 긴장이 약한쪽으로 벨트는 사행하게 됩니다. 이런 현상을 해결하는 방법은 풀리의 양축을 미세하게 조정함으로써 벨트의 사행을 막을 수 있습니다.

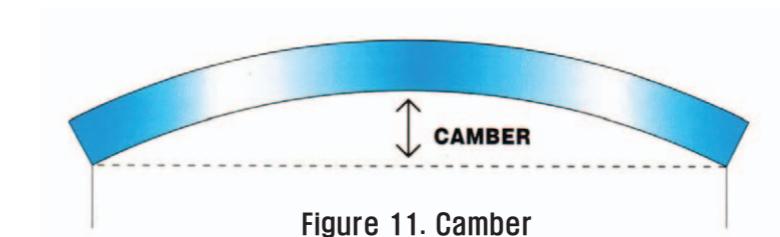


Figure 11. Camber

벨트의 사행을 막는 3가지 방안으로는

- 풀리축의 정렬 (ISP 설치고려)
- 구동부 풀리에 크라운 가공 (마찰구동방식의 풀리에만 해당)
- 트래킹 보완장치를 설치하는 것 입니다.

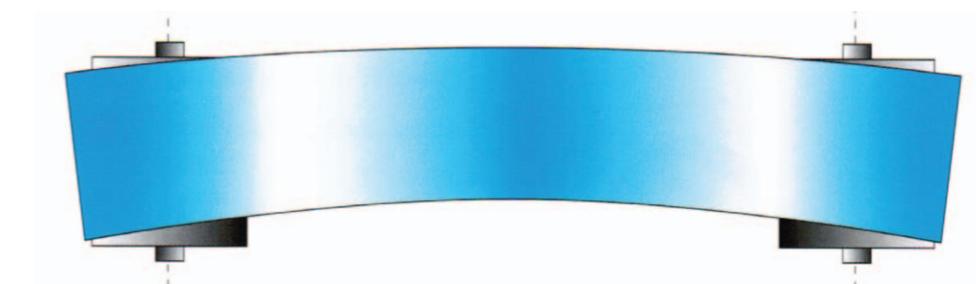


Figure 12. Tracking

① 풀리축 정렬 (Pulley Axis Adjustment)

그림에서와 같이 풀리의 축을 조정하여 벨트 트래킹하는 방법이 스틸벨트에 가장 보편적인 방법이며, 현실적으로 모터 풀리축은 조정이 불가능하므로 피동기축의 아이들러를 조정합니다. 스틸벨트를 포함하여 정밀기계의 벨트사행을 막기위해서 Belt Technologies사는 특허사양으로 조정이 용이하도록 설계된 ISP(Independently Steerable Pulley)를 공급합니다. ISP에 센서가 부착된 서보모터 패키지를 설계함으로써 안전한 무인 가동 시스템을 시현할 수 있습니다.

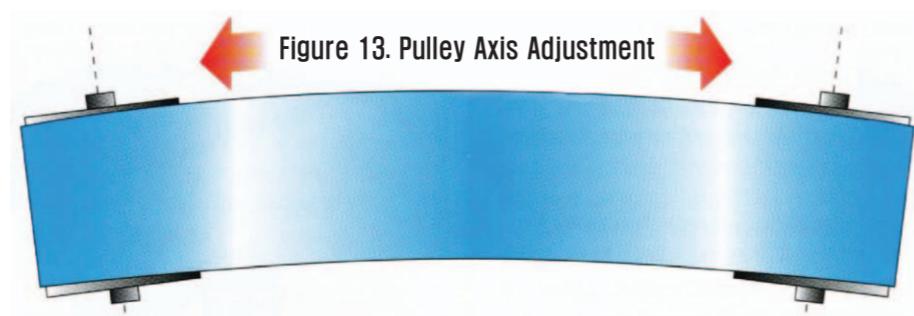


Figure 13. Pulley Axis Adjustment

② 구동 풀리의 크라운 가공 (Crowning Friction Drive Pulley)

크라운 가공 풀리는 상기 ①항의 풀리축 정렬 장치를 설치할 수 없는 시스템에서만 사용하도록 합니다. 얇은 두께의 벨트에 적합하며 과도한 텐션이 주어지면 벨트는 본래의 형태에서 변형이 일어나 수명이 단축되므로 운전 가능한 최소의 장력을 주도록 합니다. 크라운 가공제원은 벨트 두께보다 작도록 해야 합니다.

③ 트레킹 장치

통상의 풀리 축 정렬만으로 벨트 트래킹을 잡기 어려운경우 캠 장치를 하거나 유리섬유가 섞인 테프론소재 플랜지를 풀리에 끼워 벨트 쓸림 방지장치로 사용할 수 있습니다.

상기 이외에 달리 적절한 방법이 없다면 더 두꺼운 벨트로 바꿔 설치할 수도 있으나 적절한 풀리경을 넘을시 벨트 수명이 단축되는 것을 감수해야 합니다.

광폭 벨트의 경우 벨트 밑면에 v벨트를 본딩처리하여 가이드기능을 갖게 하는 것인데 Belt Technologies 사는 이를 Metrak 이라고 부릅니다.

Metrak시스템은 벨트 쓸림현상이 있을 때 스틸벨트에 가해지는 스트레스를 v벨트로 분산 시킴으로써 벨트 수명을 대폭 향상 시킵니다 (Figure 14참조)

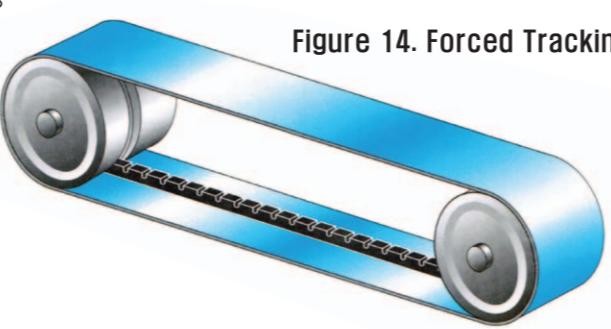


Figure 14. Forced Tracking

주) 다음장에서 다루는 타이밍
디자인의 타이밍 치구조는
오로지 타이밍 기능만을 위한
것이고, 트래킹 메커니즘 용도로
사용하는 것이 아닙니다.

9. 타이밍 (Timing)

타이밍 기능을 갖게 하는데는 두가지 방안이 있는데, 하나는 치돌기형 풀리에 스틸벨트의 구멍이 결합되도록 하는것이고, 다른 하나는 포켓구조를 갖는 풀리와 타이밍 돌기가 부착된 스틸벨트가 결합되도록 하는 방안입니다.

타이밍 구조를 설계할 때 주의해야할 점은 모든 타이밍 부품들이 구형이거나 반경을 갖는 회전체의 요소이므로 벨트와 풀리가 원활하게 결합되도록 고려되어야 하며, 누적공차를 해결하기 위해서는 구동풀리 경과 피동풀리경이 최소 $0.127\text{mm}(0.005") \sim 0.178\text{mm}(0.007")$ 의 오차범위 이내에 있어야 합니다. 치돌기형 타이밍 풀리를 제작하려면 피치 정밀도를 확보하기 위하여 각 치돌기의 위치를 정확히 계산하여 삽입해야하며 타이밍 풀리의 피치경이 스틸벨트의 두께와 관계됨을 간과해서는 절대 안됩니다. 이를 잘못하면 미스매칭이 일어나 타이밍의 정밀도가 떨어지고 벨트의 수명이 단축됩니다.

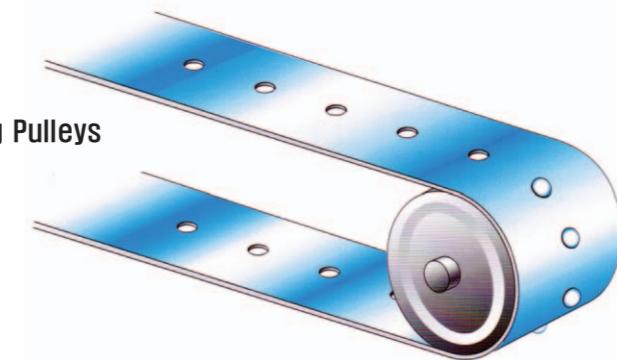


Figure 15. Timing Pulleys

10. 텐션 (Tensioning)

마찰 구동 방식의 스틸벨트 시스템에서는 벨트 텐션이 자전거 체인처럼 늘어지게 할 수도 있고, 기타줄처럼 팽팽하게 하여 작동시키기도 합니다. 타이밍 방식에서는 벨트 텐션이 매우 중요한데 가능한 한 벨트 텐션을 낮추어 사용해야 하며, 그럼으로써 벨트 수명을 늘리게 되고 다른 부품 요소들의 마모 수명이 단축되는 것을 방지합니다.

벨트 치짐을 방지하기 위하여 텐션 양을 높여서는 절대 안되며(15항 Belt Sag침조), 벨트에 과도한 텐션이 가해지면 벨트가 횡단면을 따라 활처럼 휘어지는 Cross Bow 현상이 나타나 벨트 편평성이 깨지고 위치 반복성을 잃으며 벨트 수명이 단축되게 됩니다.

시스템 가동에 필요한 벨트 텐션은 가동에 필요한 최소한의 텐션값을 선택해야 하며 에어 실린더나 스프링 또는 잭 스크류등으로 이 값이 유지되도록 조치함으로써 스틸벨트 수명을 극대화 시킬 수 있습니다.

11. 견고한 프레임 (System Frame Stiffness)

타이밍기능을 수행하거나 벨트 트래킹을 잘 하기 위해서는 무엇보다도 시스템의 프레임이 견고하게 제작되어져야 합니다.

벨트 프레임이 견고하지 못하면 텐션을 줄 때 프레임이 휘어 시스템의 콘트롤이 어렵게 되며 벨트 트래킹에 오류를 발생시킵니다.

12. 벨트 역곡 (Reverse Bends)

스틸벨트 시스템에서 최상의 구조는 2개 풀리 시스템입니다.

만약 구조물내에 벨트 역곡을 유발하는 아이들러가 취부되어 있다면 풀리가 벨트의 진행 방향에 영향을 주는 원인으로 작용하여 벨트 트레킹이 어렵게 되며, 벨트 수명 단축의 원인을 제공합니다.

13. 캔틸레버식 샤프트 (Cantilevered Shaft)

풀리 샤프트의 양 끝단은 프레임에 단단히 고정되어 있는 것이 보통입니다.

캔틸레버식 샤프트는 한쪽 끝 단만이 고정되어 선회축(pivot)의 기능을 하므로 텐션의 기능을 하므로 반대편 죽이 뒤로 밀릴 수가 있어서 트레킹 문제를 야기시킵니다.

따라서 캔틸레버식 샤프트가 필요한 시스템에서는 프레임의 설계시 프레임 강도를 높게 유지하도록 설계하는 것과 축의 경도를 높게 확보하는 것이 필요합니다.

14. 도자성 (Magnetic Permeability)

자성을 전달하는 도전성의 정도는 공기 중에서 자성을 전달하는 정도를 1로 보고, 각각의 소재 별로 자성 정도를 측정합니다.

300계열의 스테인레스 소재들은 기본적으로 도자성이 없으나 냉연처리를 하여 스피링 성능을 높이고 고장력(High Tensile Strength) 성능을 갖도록 하면 도자성이 증가하게 됩니다.

그러므로 Chapter 7의 도표(Table 6)에서 보듯이 301 Full Hard는 301 Half Hard에 비해 도자성이 더 큽니다. 통상 316스테인레스가 도자성이 가장 낮으나 Full Hard처리를 하면 최저치의 도자성을 유지하기 어렵습니다.

15. 벨트 처짐 현상 (Belt Sag)

양 끝단에 설치된 풀리 간의 Span거리가 길면 벨트의 처짐 현상이 생기며, 벨트에 텐션을 강하게 주어도 어느 정도의 벨트 처짐은 있기 마련입니다.

적정의 텐션과 벨트 처짐을 방지하는 두가지 목적을 얻기 위하여 하중을 받고 있는 벨트의 하단부가 저항없이 콘베어상에서 미끌어질 수 있도록 UHMW(Ultra-high-molecular-weight) 소재로 지지 구조를 갖도록 설계함이 좋습니다.



16. 고온특성 (Elevated Temperatures)

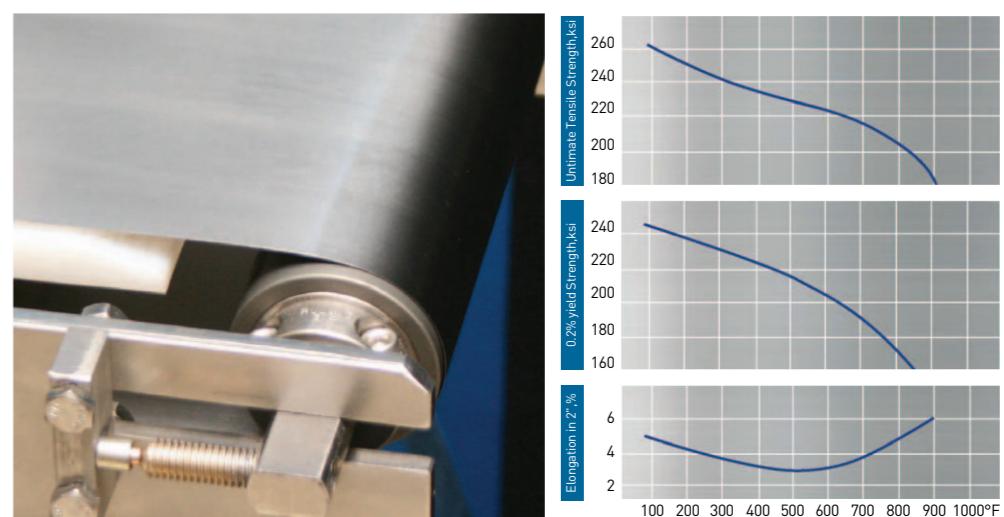
금속제 벨트가 고온에 노출되면 벨트와 벨트 부착물 그리고 벨트 코팅소재들이 모두 고열에 견딜 수 있어야 합니다. 뿐만 아니라 온도 변화에 따라 소재의 팽창과 수축을 고려해야 하고 타이밍 기능과 벨트 트래킹, 벨트 텐션, 벨트 편평성 정도 등 여러가지 요인들을 같이 따져보아야 합니다.

아래 Table 4는 기본 금속 소재의 허용온도 범위와 열 팽창 계수, 항복 강도를 표시하였고, Table 5는 17-7ch900소재의 온도변화에 따른 물리적 특성을 도표화 하였습니다.

Table 4. Elevated Temperature Characteristics of Principal Alloys

Alloy	TEMPERATURE RANGE °F (°C)	MEAN COEFFICIENT OF THERMAL EXPANSION 10^{-6} IN/IN°F (cm/cm°C $\times 10^{-6}$)	MEAN YIELD STRENGTH OF TEMPERATURE RANGE IN 1000 PSI (N/mm 2)
301/302 Full Hard	68° to 400° (20° to 205°)	9.8 (17.6)	160 to 135 (1100 to 930)
17-7 CH-900	400° to 800° (205° to 425°)	6.6 (11.9)	220 to 170 (1500 to 1170)
Inconel®718 Solution Annealed and Heat Treated	800° to 1,000° (425 to 540)	8.4 (15.1)	157 to 155 (1080 to 1070)

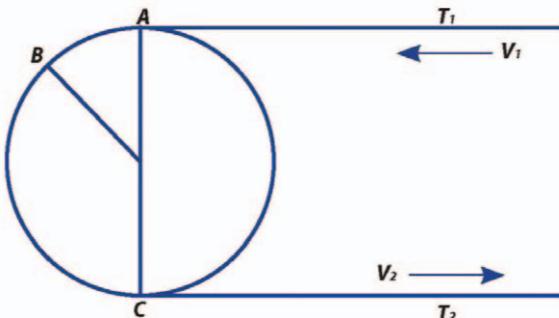
Table 5. Physical Properties vs. Temperature Changes (17-7 CH-900)



17. 벨트 밀림 현상 (Belt Creep)

벨트 밀림 현상 (Belt Creep)은 벨트가 풀리에 감기어 회전함으로써 동력을 전달하는 과정에서 일어나는 현상이며, 마찰 구동방식 시스템에서는 벨트의 속도보다 풀리의 속도가 약간 빠르게 나타납니다. 아래 그림 Figure 16에서 구동 풀리에 벨트가 180° 감기어 회전할 때 원호는 두 부분으로 구분됩니다.

Figure 16. Creep Theory
AB is the idle arc. BC is the effective arc.



- Idle Arc (AB구간)은 동력전달이 이루어지지 않는 구간
- Effective Arc (BC구간)은 동력전달이 이루어지는 구간으로 Creep이 일어나는 구간

Idle Arc구간에서는 벨트가 풀리에 접촉을 시작하는 구간으로서 동력을 전달하지 않고 벨트 긴장이 있는 T1과 벨트속도 V1에는 변함이 없다.

그러나 Effective Arc 구간에서는 벨트 슬라이딩이 일어나므로 벨트의 선속도 보다 풀리의 표면속도가 빠르게 됩니다. 이런 현상은 풀리에 감겨 도는 벨트의 각도 별 적용점에 따라 주어지는 힘이 다르며, 되고 이에 따라 벨트의 신율도 부분별로 다르게 나타나기 때문입니다. 스틸벨트의 장력층은 높은 탄성 계수를 갖는 스틸벨트 그 자체이므로 여타 소재의 벨트 종류보다 벨트 밀림현상이 극소화 되어 위치 반복성이 매우 정밀할 수 밖에 없습니다. 타이밍 구조의 스틸벨트 및 풀리는 벨트 밀림현상을 보상하는 최선의 방안으로서 벨트 밀림을 방지하기 위한 타이밍 치형 돌출부는 통상 6 ~ 8개가 적절합니다.

18. 벨트 수명

벨트 수명은 시스템 설계자의 의도와, 사용 소재의 강도, 사용 조건, 텐션값, 표면처리 방법, 어태치먼트 사양 등 다양한 요인에 의해 결정되는데 어떤 시스템은 10,000회전의 벨트 수명에 만족하기도 하고, 어떤 시스템은 한 시간에 10,000회전이 일어나기도 하는데 너무 많은 가변요소가 내재되어 있어서 한마디로 수명을 말하기는 어려운 일입니다.

다만 스틸벨트가 다른 소재보다 월등히 수명이 길다는 점과, 정밀성 및 응답성 그리고 가벼운 벨트 무게와 고속환경 적응성 등에서 많은 장점이 있음을 알 수 있습니다.

CHAPTER 7

금속 소재별 특성

1. 소재 선택의 중요성

소재를 선택함에 있어서 온도 조건, 극심한 부식환경 조건, 전기 도전성이거나 자기 도전성등의 특수조건들이 주어진다면 스틸벨트나 풀리의 소재를 선택하는데 기준이 되도록 아래 표 Table 6을 참고하시기 바랍니다.

2. 스틸벨트의 제한조건

만약 스틸벨트를 설계함에 있어서 공간의 제약을 받거나, 특수 화학약품에 노출되거나, 온도 허용범위를 초과하거나, 전기 도전성이 문제가 되는 설비들은 적용 제한 조건이 됩니다.

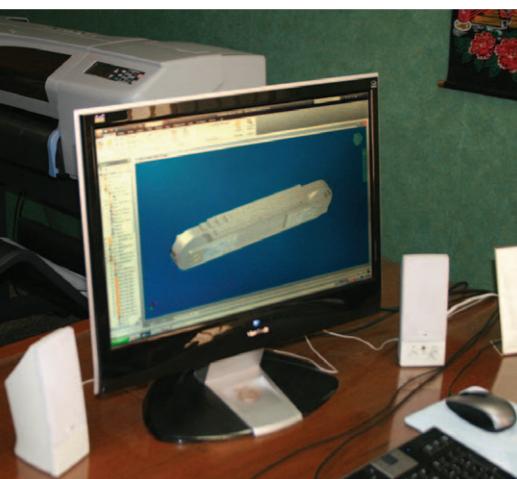
- 스틸벨트가 풀리경 0.25"(6.35mm)에서도 사용되나 벨트 수명은 단축됩니다.
- 스틸벨트가 온도 1,094°F(590°C)에서도 사용되나, 벨트 수명이 단축됩니다.

Table 6. 금속 소재별 물리적 특성 (일반 사용온도 기준)

Alloy	YIELD STRENGTH (0.2%OFFSET) 1000 PSI (N/mm ²)	TENSILE STRENGTH 1000 PSI (N/mm ²)	ELONGATION IN 51mm %	HARDNESS	TENSILE MODULUS OF ELASTICITY IN 10 ⁶ PSI (in 10 ⁶ N/mm ²)	POISSON'S RATIO (g/cm ³)	DENSITY #/IN ³ cal/cm ² /sec ⁰ C/cm	THERMAL CONDUCTIVITY (32° TO 212°F) BTU/FT ² /HR/°F/IN cm/cm ² /°C/x10 ⁻⁶ (0° TO 100°C)	THERMAL EXPANSION COEFFICIENT (32° TO 212°F) cm/cm ² /°C/x10 ⁻⁶ (0° TO 100°C)	MAGNETIC PERMEABILITY in/in ² /°F	CORROSION RESISTANCE
301 FULL HARD	160 (1100)	180 (1240)	5-15	RC40-45	28 (1.93)	285	0.29 (7.9)	113 (.039)	9.4 (16.9)	L-M	M
301 HIGH YIELD	260 (1790)	280 (1930)	1	N/A	26 (1.79)	285	0.29 (7.9)	113 (.039)	9.4 (16.9)	M-H	M
302 FULL HARD	160 (1100)	180 (1240)	1-5	RC40-45	26 (1.93)	285	0.29 (7.9)	113 (.039)	9.6 (17.3)	L-M	M-H
304 FULL HARD	160 (1100)	180 (1240)	1-5	RC40-45	26 (1.93)	285	0.29 (7.9)	113 (.039)	9.6 (17.3)	L-M	M-H
316 FULL HARD	175 (1200)	190 (1310)	1-2	RC35-45	28 (1.93)	285	0.28 (7.9)	97 (.036)	8.9 (16.0)	L	H
716 FULL HARD	210 (1450)	260 (1790)	5-10	RC52	32 (2.20)	285	0.28 (7.9)	170 (.059)	5.9 (10.6)	H	L-M
17-7 CONDITION C	185 (1275)	215 (1480)	5	RC43	28 (1.93)	305	0.28 (7.9)	114 (.037)	8.5 (15.3)	M-H	M-H
17-7 CH-900	240 (1655)	250 (1720)	2	RC49	29 (2.00)	305	0.28 (7.9)	114 (.037)	6.1 (10.9)	M-H	M-H
INCONEL® 718 CARBON STEEL	175 (1200)	210 (1450)	17	RC41	29 (2.00)	284	0.29 (7.9)	86 (.030)	6.6 (11.9)	L	H
CARBON STEEL SAE 1095	240 (1650)	260 (1790)	7-10	RC50-55	30 (2.07)	287	0.29 (7.9)	360 (.124)	5.8 (10.5)	H	L
TITANIUM 15V-3CR-3Al-3SN	150 (1030)	165 (1140)	11	RC35	15 (1.03)	300	0.17 (4.7)	56 (.019)	5.5 (9.7)	L	H
INVAR36	50 (340)	75 (520)	30	RC80	20 (1.38)	317	0.30 (7.9)	120	2.1 (1.2)	L	M-H



본 가이드북이 엔지니어들로 하여금 금속벨트의 장점을 이해하고 적합한 사양을 결정하는데 유익한 지식을 제공하는 자료가 되기를 바라며, 고객께서 새로운 프로젝트를 수행함에 있어서 당사의 오랜 성공 경험과 자료를 필요로 할 때 본 가이드 북의 마지막 페이지 CHECK LIST (www.jkop.co.kr에서 다운로드)를 작성하시어 이메일 (jkop@jkop.co.kr) 또는 FAX (02-2108-8600)로 발송하여 주시기 바랍니다.



STEEL BELT DESIGN CHECK

수신	(주)제이콥아이엔시 스틸벨트 담당자 (FAX 02-2108-8600 / E-Mail : jkop@jkop.co.kr)	
발신	회사명 : Tel : / E-Mail :	수신 : / E-Mail : 담당자 : / Fax :

1. 자료요청 목적 (v 기입)

* 신제품 설계 [] * 기존장비개선 [] * 재구매 []

2. Use 사용 용도 (v 기입)

* Convey/ 이송 [] * Index/인덱스 []
* Timing / 타이밍 [] * Position/위치제어 []
* Power Transmission / 동력전달 []

3. Size Considerations 수치 사항

- Belt Width/벨트폭 = ()mm 및 최대 허용치(Max) = ()mm
- Pulley Diameter/풀리경 = () mm 및 최대 허용치(Max) = ()mm
- Number of Pulleys/풀리 개수 = ()개
- Pulley Centers/풀리 센터간 거리 = ()mm

4. Loading 구동조건

- Belt Speed/벨트 선속도 = ()
- Max Drive Torque / 최대구동토르크 = ()
- Acceleration / 가속 = ()
- Static Load / 정적 부하 = ()

5. Desired Belt Characteristics 특별히 희망하는 벨트 특성 (v 기입)

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| * Strength / 강도 [] | * Precision / 정확도 [] |
| * Cleanliness / 청결도 [] | * Corrosion Resistance / 부식저항성 [] |
| * Thermal Conductance / 열전도 [] | * High Temperature / 최고온도 [°C ~ °C] |
| * Other / 기타 () | |

6. Quantities 수량

- No. of Belts to be Quoted / 벨트 수량 = ()
- No. of Pulleys to be Quoted / 풀리 수량 = ()

7. 기타 참고 사항

8. Please include a diagram of your system 시스템 구조도 (간략한 스케치)