

2. 차축 (KRTS-CO-Part3-2-2016)

1. 적용범위

이 기준은 철도차량용 차축(이하 “차축”이라 한다)에 대하여 적용하며, 다음 표와 같이 분류된다. 중공축을 포함하지만, 특수한 형상의 차축에는 이를 적용하지 않는다.

<축의 종류와 분류>

형식	용도	기호
1종	주행속도 200 km/h 이상	A1
2종	주행속도 200 km/h 미만	A2

2. 용어정의

- 1) “강괴”라 함은 전로, 전기로 등의 제강로에서 정련한 강을 주형에 주입하여 응고시킨 것으로 압연, 단조, 압출 등의 각 공정에 공급되는 소재이다. 연속 주조로 제조되어 분괴공정을 생략하고 다음 공정에 공급되는 것을 연주강편 또는 주편이라고 하지만 이것도 강괴에 포함한다.
- 2) “킬드강”이라 함은 용해된 강에 포함된 산소를 강한 탈산제를 사용하여 탈산한 강을 말한다.
- 3) “에코”라 함은 물체 내의 불연속 부분으로서 초음파 펄스가 반사되어 수신된 것을 말한다.

3. 적합성 평가

- 1) 철도안전법 시행규칙(이하 "규칙"이라 한다) 제60조의 규정에 따라 철도용품에 대한 형식승인(설계 적합성 검사, 합치성 검사, 용품형식시험)에서 평가되는 항목은 [별표]를 참고할 수 있다.
- 2) 1)항의 규정에도 불구하고, [별표]의 평가항목은 철도용품의 상이한 설계, 개발, 생산 특성에 따라 조정되어 시행될 수 있다. 특히, 각각의 설계적합성 입증방법은 신청자가 선택적으로 적용할 수 있다.

4. 요구사항

4.1 일반사항

- 1) 강괴를 직접 단조할 때나 압연할 때에는 강괴의 평균 단면적이 단조 또는 압연한 차축의 평균 단면적의 4배 이상이어야 한다.
- 2) 차축은 단조 또는 압연 후 열처리를 시행하고 기계 가공을 하여야 한다.
- 3) 차축의 표면 및 내부에는 운행의 안전에 지장을 주는 흠 또는 균열 등 결함이 없어야 한다.
- 4) 차축은 운행 중 발생하는 하중을 견딜 수 있는 충분한 기계적 강도를 가져야 한다.
- 5) 차축에 사용되는 재료, 구조 및 형태는 제작도면에 의한다.

4.2 재질 및 강도

- 1) 차축에 사용된 재료의 화학 성분은 KRS RN 0008의 4.2.2 가항의 화학 분석 시험에 따라 시험하여 최대 화학 성분(%)이 다음 표에 적합하여야 한다. 다만, 2종 차축에서 150km/h 이하 속도를 갖는 차량에 적용하는 경우에는 KS R 9220에서 규정한 재질을 적용할 수 있다.

탄소 (C)	규소 (Si)	망간 (Mn)	인 (P)	황 (S)	크롬 (Cr)	구리 (Cu)	몰리브덴 (Mo)	니켈 (Ni)	바나듐 (V)
0.40	0.50	1.20	0.020	0.020	0.30	0.30	0.08	0.30	0.06

*인(P) 및 황(S)은 상호 협의에 따라서 0.025%까지 허용 가능함.

2) 차축의 인장 강도는 KRS RN 0008의 4.2.2 나항의 인장 강도 시험에 따라 시험하여 아래 조건에 적합하여야 한다.

- (1)중실축의 반경 중간에서 또는 중공축의 외부와 내부 표면 사이의 중간에서의 측정된 값은 다음 표에 적합하여야 한다.
- (2)차축의 외부 표면 근처에서 측정된 값은 중실축의 반경 중간에서 또는 중공축의 외부와 내부 표면 사이의 중간에서 측정된 값의 0.95배 이상이어야 한다.
- (3)중실축의 중심 또는 중공축의 내부 표면에서 측정된 값은 중실축의 반경 중간에서 또는 중공축의 내부와 외부 사이의 중간에서 측정된 값의 0.8배 이상이어야 한다.

항복강도 $R_{eH}(N/mm^2)$	인장강도 $R_m(N/mm^2)$	파단연신율 $A_s(\%)$
≥320	550~650	≥22

3) 차축의 충격 특성은 KRS RN 0008의 4.2.2 나항의 충격 시험에 따라 시행하여 아래 조건에 적합하여야 한다.

- (1)중실축의 반경 중간에서 또는 중공축의 외부와 내부 사이의 중간에서 산출된 에너지 흡수 값은 다음 표에 적합하여야 한다.
- (2)차축의 표면에서 산출된 값은 중실 차축의 반경 중간에서 산출된 값 또는 중공 차축의 외부와 내부 표면 사이의 중간에서 산출된 값의 0.95 배 이상이어야 한다.
- (3)중실축의 중심 또는 중공 차축의 내부 표면에서 산출된 값이 중실 차축의 반경 중간이나 중공 차축의 외부와 내부 사이의 중간에서 산출된 값의 0.8 배 이상이어야 한다.
- (4)각각의 값(표면, 반경의 중간, 중심)에 대해, 3개 시험편의 평균값은 다음 표에 따른다.
- (5)각각의 개별적인 값은 다음 표의 값의 70% 이상이어야 한다.

축 방향 U노치 시험편의 에너지 흡수량 KU(J)	축직각 방향 U노치 시험편의 에너지 흡수량 KU(J)
≥30	≥20

4) 차축의 피로 특성은 KRS RN 0008의 4.2.2 나항의 피로 시험에 따라 다음 두 가지 영역에서 피로 한도를 추정하여 다음 표에 적합하여야 한다.

- (1)축소형상 시험편의 피로 한도
 - 피로특성이 제품 형상에 의존하지 않는 경우, 시험편을 줄여서 시험을 실시한다.
 - 노치없는 시험편(피로 한도 R_{fL})과 노치 시험편(피로 한도 R_{fE}) 으로 측정한다.
- (2)실물크기 시험편에서 피로 한도
 - 결함이 최종 제품의 치수 및 제조와 관련이 있을 경우 실물크기 시험편으로 시험을 실시한다.
 - 중실축일 경우 몸체 표면(피로 한도 F1)과 중공축일 경우 보어 표면(피로 한도 F2)으로 측정한다.

한도	F_1	F_2	R_{fL}	R_{fE}	$q=R_{fL}/R_{fE}$
값	≥200N/mm ²	≥80N/mm ²	≥250N/mm ²	≥170N/mm ²	≤1.47

5) 차축의 잔류 응력은 KRS RN 0008의 4.2.2 바항의 잔류 응력 시험에 따라 시험하여 아래 조건에 적합하여야 한다.

- (1)가공 단계에서는 차축의 운용 중 변형을 일으키거나 피로 균열 발생을 촉진할 수 있는 잔류 응

력을 생성하지 않아야 한다.

(2)측 표면에서 잔류 응력은 100 N/mm² 이하여야 한다.

(3)표면 아래 2 mm의 두 개의 서로 다른 점에서 측정된 잔류 응력값 간의 차이는 40 N/mm² 이하여야 한다.

4.3 내부 및 표면 특성

1) 차축의 미세구조는 KRS RN 0008의 4.2.2 다항의 미세조직 시험에 따라 시험하여 입자 크기가 ISO 634의 다이어그램(diagram) 5 미만이어야 한다.

2) 차축의 소재 청결성

(1)현미경 시험

재료의 청결성 수준은 KRS RN 0008의 4.2.2 라항의 현미경 시험에 의해 측정하여 개재물의 최대값이 다음 표에 적합하여야 한다.

개재물의 유형	1종(A1)		2종(A2)	
	두꺼운 계열 (최대)	얇은 계열 (최대)	두꺼운 계열 (최대)	얇은 계열 (최대)
A(황)	1.5	1.5	1.5	2
B(알루미늄산염)	1	1.5	1.5	2
C(규산염)	1	1.5	1.5	2
D(산화물)	1	1.5	1.5	2
B+C+D	2	3	3	4

(2)내부 무결성은 KRS RN 0008의 4.2.2 라항의 초음파 검사에 의해 측정하며, 동일한 위치에서 표준 결함으로부터 발생한 에코 크기보다 큰 내부결함은 없어야 한다. 표준결함의 직경은 3mm이다. 내부결함이나 비균질성에 의하여 4dB보다 큰 백-에코(back echo)의 감쇠는 허용되지 않는다.

3) 초음파 투과성

(1)초음파 투과성 시험은 KRS RN 0008의 4.2.2 마항의 시험방법에 따라서 실시하고, 표준웨지(wedge)로 다음 표에 의해서 시험장비가 교정되어야 한다.

(2)초음파 투과성 시험을 위한 표준웨지의 조건은 다음과 같다.

- 시험편 : 차축으로부터 길이방향 시험편
- 길이 및 직경 ≤ 100mm, 허용공차 ≤ 0.1
- 길이 및 직경 > 100mm, 허용공차 ≤ 0.2
- 면사이의 직각도 ≤ 5°
- 거칠기 1.6 ≤ Ra ≤ 3.2

(3)표준웨지로 기기의 예비 교정 후, 차축에서 얻은 에코를 확인하여 전체 스크린 진폭의 50% 이상이어야 한다. 배경 소음의 레벨은 스크린 진폭 높이의 10% 미만이어야 한다.

구 분	1종(A1)	2종(A2)
주파수 F _n	5 MHz	(2~3) MHz
교정조건 (전체 스크린 진폭의 비율)	90 %	40 %

4) 차축의 표면 특성

(1)차축의 표면 마무리는 KRS RN 0008의 4.2.2 사항의 표면 거칠기 시험으로 시험하여 표면 거칠기(Ra)가 다음 표에 적합하여야 한다.

명칭	기호 (그림 1 참조)	표면 거칠기 Ra(μm)	
		거친 가공	완성품 또는 조립부
축단 - 축단 및 모따기부 - 축의 중심 면 (중실 및 중공축)	a R1 및 R2	- -	6.3 3.2
저널 - 저널 직경 - 응력 완화 홈	b c(세부도 V)	12.5	0.8 0.8
접합부 - 접합부 직경	d	12.5	1.6
윤좌 - 윤좌 직경 - 테이퍼에서 도입부 (lead in taper)	e f(세부도 U)	12.5	0.8~1.6 1.6
몸체 - 윤좌의 내부 전환 반경 - 축 몸체의 직경 - 기어 바퀴, 시트(seat) 및 브레이크 디스크 직경 - 베어링 시트 및 시트 직경 - 두 간 전환 반경	g(세부도 T) l h j k(세부도 S)	- 12.5 12.5	1.6 3.2 0.8~1.6 0.8 1.6
보어 - 보어 직경	m(세부도 R1)	-	3.2

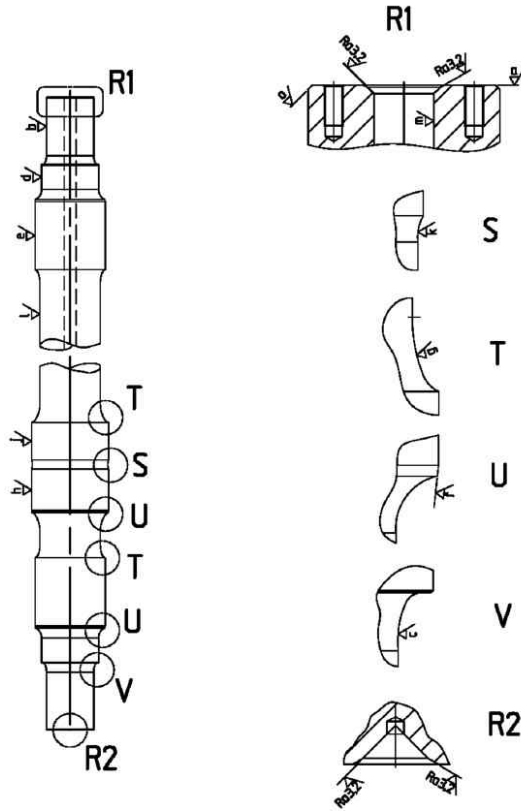


그림 1 표면처리의 기호

(2) 표면 무결성

- 차축의 표면 무결성은 차축 외부 표면에 대해 KPS RN 0008의 4.2.2 사항의 자분 탐상 시험 또는 이와 동등한 방법으로 측정하여 차축의 외부 표면에 대하여 아래 조건을 만족하여야 한다.
 - 가로 방향 결함은 허용되지 않는다.
 - 세로 방향 결함은 다음 그림에서 Z_0 영역을 제외하고 표의 한도 내에서 허용할 수 있다.
- 결함은 축 중심선과의 경사가 10° 이하일 경우 세로 방향 결함으로 간주한다.
- 중공축의 보어 표면에서, 가로 방향 결함이 0.5 mm 이상 깊이에 없고 축의 길이 방향으로 미터 당 1개 이상 없는 경우 가로 방향 결함은 허용할 수 있다.

Dimensions in millimetres

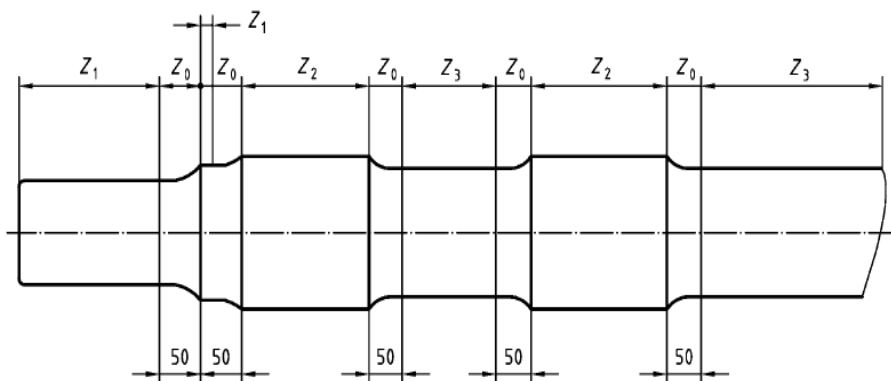


그림 2 차축의 영역 구분

영역 (그림 2 참조)	1종(A1)		2종(A2)	
	고립된 균열의 최대 길이	고립된 균열의 최대 누적 길이	고립된 균열의 최대 길이	고립된 균열의 최대 누적 길이
Z ₀	0	0	0	0
Z ₁	≤6mm	≤6mm	≤6mm	≤6mm
Z ₂	≤6mm	≤15mm	≤6mm	≤15mm
Z ₃	≤6mm	≤15mm	≤10mm	≤30mm

4.4 인터페이스

- 1) 동일한 차종에서는 호환성이 보장되어야 한다.
- 2) 기하학적 공차 및 치수는 제작 도면에 따른다.
- 3) 제작도면에서 요구하는 관련부품들과의 원활한 인터페이스가 이루어져야 한다.

4.5 유지보수성

1) 부식 및 기계적인 손상에 대한 보호

(1) 차축의 부식 및 기계적 손상에 대하여 보호처리를 하여야 하며 이에 대한 등급은 다음과 같이 분류하며, 등급에 따라 아래 표에 해당하는 특성을 만족하여야 한다.

- 1 등급 : 대기부식 및 기계적인 충격이 추가되는 단면
- 2 등급 : 특정 부식성 물질이 작용하는 단면
- 3 등급 : 대기부식이 작용하는 단면
- 4 등급 : 대기부식이 작용하며, 허용응력의 60% 미만의 하중이 작용하는 단면

	1등급	2등급	3등급	4등급
코팅 두께	×	×	×	-
코팅 접착	×	×	×	-
충격에 대한 저항성	×	-	-	-
마찰(gritting)에 대한 저항성	×	×	×	-
염수 분무에 대한 저항성	×	×	×	-
특정 부식성 제품에 대한 저항성	-	×	-	-
주기적인 기계적 하중에 대한 저항성	×	×	×	-

(2) 코팅 두께

- 코팅두께는 제작도면에 따르며, 특별히 요구되지 않을 경우에 최소 코팅 두께를 기록하여야 한다. 코팅두께 시험은 KRS RN 0008의 4.2.2 아항의 코팅두께 시험방법에 따른다.

(3) 코팅 접착력

- 접착력은 코팅과 차축 표면사이에 작용하는 접착하중에 대한 특성이며, KRS RN 0008의 4.2.2 아항의 코팅접착력 시험방법에 따른다.
- 코팅 두께가 250 μm 이하인 경우는 ISO 2409의 1종의 요구조건에 만족하여야 한다.
- 코팅 두께가 250 μm 이상인 경우는 제작도면에 의한다.

(4) 충격에 대한 저항성

- 충격에 대한 저항성은 자갈 등의 투사체 충격으로부터 차축을 보호하기 위한 코팅의 특성이며, KRS RN 0008의 4.2.2 아항의 충격에 대한 저항력 시험방법에 따른다.
- 충격에 대한 저항력 시험결과 코팅에서 손상(hole)이 발견되어서는 안 되며, 시험체 표면에 어떤 변화(alteration)가 있어서는 안 된다.

(5) 마찰에 대한 저항성

- 마찰에 대한 저항성은 반복적인 모래나 작은 자갈 마찰(gritting blasting)로부터 차축을 보호하기 위한 코팅의 특성이며, KRS RN 0008의 4.2.2 아항의 마찰에 대한 저항성 시험방법에 따른다.
 - 시험 결과로부터 모래 등이 접촉된 면적에 대하여 코팅의 표면조각이 떨어져 나간 면적을 퍼센트로 나타내며, 1등급과 2등급의 경우에는 30퍼센트 이내, 3등급은 40% 이내여야 한다.
- (6) 염수분무에 대한 저항성
- 염수분무에 대한 저항성은 인공적인 염수분무로 인한 가속된 부식에 대한 코팅의 특성이며, KRS RN 0008의 4.2.2 아항의 염수분무에 대한 저항성 시험방법에 따른다.
 - 시험 결과 코팅에는 부식이 없어야 하며, 코팅 가장자리 또는 코팅이 절단된 부위로부터 2mm 이상의 부식이 없어야 한다.
- (7) 특정 부식성 제품에 대한 저항성
- 특정 부식성 제품에 대한 저항성은 2등급에만 적용되며 부식환경 및 운송제품에 의한 특정 부식제품에 대한 코팅 특성이며, KRS RN 0008의 4.2.2 아항의 특정 부식성 제품에 대한 저항성 시험방법에 따른다.
 - 부식성 제품에 대한 저항성 시험결과 코팅의 변화가 없어야 하며, 표면에도 변화가 없어야 한다.
 - 부식성 제품에 대한 저항성 시험 24시간 후에 코팅 접착력 시험을 수행하여 만족할 경우에는 1등급으로 분류될 수 있다.
- (8) 주기적인 기계적 하중에 대한 저항성
- 주기적인 기계적 하중에 대한 저항성은 운행 중에 차축에 부가되는 하중에 대한 코팅의 저항 특성이며, KRS RN 0008의 4.2.2 아항의 주기적인 기계적 하중에 대한 저항성 시험방법에 따른다.
 - 시험방법에 따라서 단계적으로 하중을 증가시키며 코팅이 파손되기 전까지 하중 단계를 코팅의 저항성으로 정의하며, 1등급과 2등급의 경우에는 5단계, 2등급은 10단계 이상이어야 한다.

[별표] 차축의 적합성 평가

적합성 평가항목	설계적합성 검사			합치성 검사	용품 형식시험
	기술 검토서	도면	해석서 (계산서)		
1. 적용범위					
2. 용어정의					
3. 적합성 평가					
3.1)					
3.2)					
4. 요구사항					
4.1 일반사항					
4.1.1)	○	○			
4.1.2)	○	○			
4.1.3)		○			
4.1.4)		○	○		
4.1.5)		○		○	
4.2 재질 및 강도					
4.2.1)		○			화학분석시험
4.2.2)		○			인장시험
4.2.3)		○			충격시험
4.2.4)		○			피로시험
4.2.5)		○			잔류응력시험
4.3 내부 및 표면 특성					
4.3.1)		○			미세조직시험
4.3.2)		○			현미경시험/ 초음파시험
4.3.3)		○			초음파 투과성시험
4.3.4)		○			표면거칠기시험 /자분탐상시험
4.4 인터페이스					
4.4.1)		○			
4.4.2)		○		○	

적합성 평가항목	설계적합성 검사			합치성 검사	용품 형식시험
	기술 검토서	도면	해석서 (계산서)		
4.4.3)		○			
4.5 유지보수성					
4.5.1)		○			코팅두께시험/ 코팅접착력시험 /충격저항력 시험/ 마찰저항성 시험/ 염수분무 시험/ 부식저항성 시험/ 기계적 하중 저항성 시험