

**C Q C 제품인증기술요구**

**CQC-5TR-C02-2016**

**CCA부스바(수평연속주조공법)저압**switchgear assemblies 적용 규범

Implication specification for Copper Aluminum compound bus bars(horizontal continuous casting process) used in low-voltage switchgear assemblies

**2016-11-07발표 2016-11-07실시**

**중국품질인증센타 발****표**

서문

본 규범은 저압swichgear에 CCA부스바(수평연속주조공법)를 적용한 기술

근거로 적용됨

본규범은 GB/T 1.1-2009규정에 의하여 작성한것임

본 규범은

국가발전개혁위원회,상무부,품질검사총국, 국가표준위원화, 중국전기산업협회와

중국유색금속협회 등 기관이 현합하여 제출한 “CCA부스바 보급 지도의견”상

정책을 실행하고 CCC제품인증 기업체들의 “에너지절감과 원자재절약”기술

응용을 가이드하기 위해 특별히 만들어진 규범임.

본 규범은 저압swichgear에 적용한 cca부스바의 현황에 의하여 제정한것임.

본 규범은 중국품질인중센타에서 제출하고 관리함.

본 규범은 중국품질인증센타에서 공식 발표한것으로서 저작권은

중국품질인증센타에 귀속되기에 그 어떤 조직이나 개인은 중국품질인증센타의

허가없이는 어떤 형식으로도 문서의 일부분 혹은 전부를 사용할 수가 없음.

본 기술 규범은 CQC인증 시 사용한 CCA부스바(수평연속주조공법)의 기술적인

근거 문서로서 중국품질인증센타의 인증을 통과하지 않은 제품에는 본 규범에

부합된다는 내용을 명시해서는 안됨.

본 규범 작성기관: 중국품질인증센타

본규범 작성에 동참한 회사：

상해전기과학연구원, 엔타이피샌트쌍금속주식유한회사, 상해이공대

본규범 메인 작성인：CHEN XIN

본 규범 작성자：CHEN JIAN，ZHAO XIAOHUA，CHEN JIANBING，XU HONG，

YI YING，CAI XIAOWEI,SONG XIAOLAN，WANG LIANZHONG, LIU QIANG ,

DONG XIAOWEN，LAN ZHANJUN，LIAN YANGZI**저압 switchgear적용 CCA부스바(수평연속주조공법) 응용 규범**

1.적용 범위

본 규범은 옌타이피샌트쌍금속주식유한회사의 수평연속주조공법으로 생산한 CCA부스바를 사용한 저압switchgear(저압플랜트switchgear, 콘트롤설비,bus trunk system등을 포함)에 적용됨. 옌타이피샌트쌍금속주식유한회사에서 생산하는 CCA부스바는 동층체적비 25%와 30%가 있음. 제품밀도는 4.25g/cm3 ,4.56g/cm3, 계면결합강도는 >=35MPa임. 규격은 폭30〜120mm, 두께는 3〜20mm시리즈가 있음.（제품공법과 사양 및 규격은 부록 C를 참조할것) 본 규범에서는 CCA부스바와 동부스바의 대체 대조표를 규정했고 fixed bus insulation clip spacing 계산방법에 대해 규정을 했음.

2. 규범성 인용문서

하기 자료는 본 표준 응용에 반드시 필요한 문서들임. 발행일자 표기가 있는

문서는 발행 일자 표기 판만 본 표준에 적용됨. 발행일자 표기가 없는 문서는

최신판(모든 수정판 포함)을 적용함.

GB/T251.1-2013 저압SWICHGEAR&콘트롤설비 제1부분 총칙

GB7251.5-2008저압SWICHGEAR&콘트롤설비 제5 부분:공용전력망배전필랜에

대한 특수 요구

GB7251.5-2015 저압SWICHGEAR&콘트롤설비 제6 부분:bus trunk

system(부스닥트)

콘트롤설비

GB/T9327-2008정격전압35kV（Um=40.5kV ）및 그 이하 전력케이블도체용

압접 방식과 기계식 연결 hardware test방법과 요구

GB/T24277-2009 PTTA 쇼트내구력(short circuit resistance)강도의 일종 방법

GB/T25840-2010 전기설비부품규정(특히 접선단자)중의 온도상승 허가 가이드라인

GB/T30586-2014 연속주조압연 CCA flat bar와 CCA와이아

DL/T247-2012 수변전설비용 CCA부스바

IEC60865-1-2011 단락short circuit전류 효율계산 지1부분：정의와 계산방법

IEC60865-2-2015 단락전류효율계산 제2부분:계선 예제

IEC60890-1987 저압switchgear와 콘트롤설비부분 type 테스트

조합(combination)장치용의 extrapolation온도상승 평가방법

3.용어와 정의

하기 용어와 정의는 본 규범에 적용됨.그 중의 3.1은 GB/T30586-

2014”연속주조압연CCA부스바,CCA각선”3.3은 DL/T 247-2012”수변전설비용

CCA부스바”를 인용.3.4~3.9는 GB7251.1-2013”저압switchgear와 콘트롤설비

제1부분:총칙”을 인용,3.10은 GB7251.6-2015”저압switchgear와 콘트롤설비

제6부분:bus trunk system(부스닥트)”를 인용함.

**3.1연속주조압연 CCA버스바(**GB/T 30586-2014 3.1 인용**）**

연속주조압연공법의 CCA부스바는 두가지 금속을 동시에 연속주조하여 복합

Bar Billet형성 후 압연을 거쳐 성형을 이룬 두 금속의 interface의 야금결합

（동과 알루미늄 두금속계면의 원자의 상호 확산으로 형성된 일정한 두께의

과도층이 있는 결합)）으로 형성된 결합강도가 높은 Bimetal 복합도체

즉 연속주조압연 동알루미늄버스바 혹은 연속주조압연 동알루미늄

복합 버스바라고도 함.

**3.2계면(interface) 결합강도**

동알루미늄복합 부스바의 동알루미늄 계면 단위면적의 결합력은 전단강도로

표시함.

**3.3동층체적비（**DL/T 247-2012 5.1.6인용**）**

동알루미늄부스바의 동층체적비는 동층의 단면적과 동알루미늄부스바의

총 단면적과의 백분비를 말함.

**3.4 저압 complete switch와 콘트롤설비（**GB 7251.1-2013 3.1.1인용）

한개 혹은 여러개 저압스위치 device와 상호 관련된 콘트롤, 측정, 신호, 보호,

조절 등 설비 및 내부의 모든 전기와 기계의 연결 및 부품으로 구성된 조합체를

말함。

**3.5 메인 부스바（**GB 7251.1-2013 3.1.6인용）

한개 혹은 여러개의 배전 부스바와의 연결 혹은 incoming & outgoing라인의

유닛 모선을 말함

**3.6배전부스바（**GB 7251.1-2013 3.1.7인용）

한 frame유닛 내의 부스바를 메인 부스바에 연결시켜 출력 유닛 부스바에 전기를

공급하는 버스바를 말함.

**3.7정격전류（**GB 7251.1-20133.8.10.1 인용）

complete set of equipmet제조사가 선언한 전류치를 말함. 규정된 조건에서

이 전류를 인가했을 시 모든 부품의 온도상승이 규정치를 넘지 말아야 함.

**3.8 정격Peak Value 내구성 전류（**GB 7251.1-2013 3.8.10.2 인용）

Complete of equipment업체가 선언한 규정조건하에서 견딜수 있는 단락전류의

**Peak Value을** 말함

**3.9 정격단시 내구성 전류(**Rated short time withstand current) (GB 7251.1-2013

3.8.10.3인용）

업체가 규정한 전류와 시간으로 정의를 내린 쇼트타임 내구성 전류의 유효치를

말함.

**3.10 버스바** trunk system 및 버스닥트**（**GB 7251.6-2015 3.101인용）

모든 타입의 Load Distribution과 전기 에너지 콘트롤 시스탬임. 공업과 상업 및

그와 유사한 용도의 도체시스탬형식의 C밀폐된 Plant에 적용됨.해당 도체시스탬은

배관과 닥트 혹은 그와 유사한Outer Shell 중의 절연재료간격과 Bracing작용을

하는 버스바로 구성됨.

1. CCA 버스바가 저압switchgear 품질에 끼치는 요소와 식별

저압switchgear 와 콘트롤설비 중의 도체 재료는 전기설비의 수명과 안전성

및 전기적 성능에 중요한 작용을 일으킴.

**4.1전기설비의 수명**

전기설비의 수명은 도체재료의 성능과 품질과 연관이 있기에 저압switchgear

와 콘트롤 설비에 사용되는 CCA부스바의 성능과 기술사양은 반드시 관련제품의

국가표준에 부합되여야 하며 테스트를 통해 적용 설비의 수명 요구의 만족 여부를

검증해야 함.

**4.2안전 성능**

저압Switchgear와 콘트롤 설비의 전기안전성능 사양 중 관건은 전기간격(Electrical

clearance) 과 Creepage distance이기에 도체 재료 변경 시 이 두가지 사양이

적용 설비에 끼치는 영향에 대해 분석을 해야 하고 공정 설계시 계산을 통해

검증을 한 후 설비 선정을 해야 함.

**4.3 전기적 성능**

도체 재료는 설비의 온도상승과 단락전류의 내구성 능력에 많은 영향을 끼침.

도체 재료에 따라 직류 저항율도 다르기에 동등한 전류하에서 온도상승 요구를

만족시키는 단면적도 다르기에 동등한 전류조건하에서 동등한 온도상승을

전제로한 CCA버스바와 동버스바의 단면적의 대응 관계를 검토해야 함.

설비의 단락전류 Dynamic stability는 제품구조와 고정절연체의 재질 및 고정도체절연클립

(Fixed conductor insulation clamp)간 거리 L에 의하여 결정됨. 부동한 도체재료의 Yield limit와

Load bearing전류에 의하여 L을 산출할 수가 있음. 단락전류로 인한 열안정성

(Thermal stabilization)은 단면적이 표준에서 규정한 온도상승 요구에 부합되면

열안정성 요구도 만족시킬수가 있음.

1. CCA버스바의 신뢰성과 사용 수명에 대한 테스트 방법

CCA버스바는 동과 알루미늄 두가지 금속의 복합으로 이루어진 것임. 동과 알루미늄은 물리적 성능이 다른 금속재료로서 CCA버스바의 신뢰성에 가장 큰 영향을 끼치는 요소는 열팽창과 냉각시 수축으로 발생되는 응력에 대한 감수력이기에 CCA버스바의 계면결합강도가 그 응력 보다 크면 버스바의 신뢰성도 높아짐..DL/T 247-2012규정에 의하면 동알루미늄의 계면 결합강도가 >=35MPa일 시 계면 응력(stress)을 감수 할수가 있음.

도체 재료의 열팽창과 수축으로 발생되는 응력 감수 테스트 방법: GB7251표준에 의하면 switchgear assemblies의 정상적인 작업온도는 통상적으로 110℃를 넘지 않지만 가혹한 환경을 상태를 고려하여 -40℃~140℃의 온도변화 범위 내에서 1000회의 고온저온 열순환 테스트를 진행한 후의 계면결합강도는 >= 35MPa여야 함.

도체재료의 수명은 GB/T9327-2008《정격전압35KV 및 그 이하 전력케이블 도체용 압접식과 기계식 메탈 fittinsx테스트 방법과 요구》에 의하여1000회의 통전열순환 테스트를 진행한 후 설비의 사용 수명 요구의 부합여부를 판정함..

1. CCA 버스바로 동버스바 대체 시 단면적 상응 비례

설비의 온도상승은 도체의 허용전류와 직접적인 연관이 있음.

즉 도체재료의 직류저항율과 방열계수와 관련이 있음. 전류등급에 따라 적용하는

도체의 단면적도 다름.우리나라의 switchgear assemblies와 콘트롤설비에는

기본적으로 동버스바를 사용하기에 동등한 전류등급과 온도상승 조건하에서

CCA버스바와 동 버 스바의 단면적 상응관계는를 계산할수가 있으며 이어서

CCA부스바의 단면적을 확정할 수 가 있음.

도체의 안정적인 온도상승은 하기 공식으로 계산함.

（1）

i2KfR은 도체의저항 로스로 발생되는 열량임.てKA는 열전도와 복사(radiation) 및

대류를 통한 방열량임. 도체 저항의 로스로 발생되는 열량과 열정도와 복사 및

비 대류로 인한 방열량이 바란스를 이룰 시 온도상승이 안정이 됨.

그중에：i는 테스트 전류peak볼륨（A）；

L도체 길이 （m）；

S도체 단면적（m2）；

A도체표면적（m2）；

Kf skin effect계수；

K도체 표면 종합방열계수로서 열전도와 복사 및 대류로 인한 방열량의

총합계

동버스바와 CCA버스바의 단면적 비례를 계산할 시 온도상승과 전류 및 도체길이가동등할 경우 skin effect계수Kf와 단면적이 비교적 작을 시에는 동 버스바의 차이는 고려를 안하고 상수로 계산하면 됨.도체표면의 종합방열계수 K는 열전도와 복사 및 대류로 인한 방열계수의 총합계임.

동버스바와 CCA버스바의 테스트 구조와 환경이 동등하고 복사와 대류방열계수가 동등할 경우 계산 시 이 부분은 상수로 보아도 됨. i2KfL/K를 상수로 하고 F로 표시함.

도체두께는 a，폭은 h，단면적은 S=a×h，방열표면적A=2（a+h）L，길이 당

방열표면적A=2（a+h）（L=1m）. 온도상승은 도체직류저항율ρ와 도체

사이즈a와 h에 의해 결정됨.

동부스바온도상승을 てT로 CCA부스바 온도상승을 てF 로 설정했을 시

：

（2）

（3）

[ah（a+h）]F 는 ㅊCA부스바 단면적 데이타이고 ，ah（a+h）는 동부스바 단면적 데이타임.그중에서 ：ΡT=0.01777，ρF（30%）=0.02424，ρF（25%）=0.02498，이 데이타는 30% 와 25% 동함량의 동부스바와 CCA부스바의 20℃에서의 직류저항율임.(옌타이피샌트쌍금속주식유한회사에서 생산한 CCA부스바는 폭이40mm 및 그 이하일 경우의 동층체적비는 30%이고 폭이40mm이상일 경우의 동층체적비는 25% 임.)

공식2와 공식3 てT = てF 로 온도상승이 동등할 경우 동부스바와 CCA부스바의 단면적 비례를 산출할수가 있음. 계산과 테스트를 통해 검증을 한 결과 switchgear assemblies와 콘트롤 설비에 동부스바 대체로 CCA부스바를 적용할 시 단면적 대조표 데이타는 하기와 같음.

**표1CCA부스바로 동부스바를 대체할 시 규격대죠표（ 동등한 폭에 두께만 조절할 경우 ） 단위：mm**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CCA부스바 폭 불변 두께를 32% 증가시 | | | | | | | |
| 두께  CCA  동두께 | **30** | **40** | **50** | **60** | **80** | **100** | **120** |
| **3** | **3.96** | **3.96** | **3.96** | **3.96** | **3.96** | **3.96** | **3.96** |
| **4** | **5.28** | **5.28** | **5.28** | **5.28** | **5.28** | **5.28** | **5.28** |
| **5** | **6.60** | **6.60** | **6.60** | **6.60** | **6.60** | **6.60** | **6.60** |
| **6** | **7.92** | **7.92** | **7.92** | **7.92** | **7.92** | **7.92** | **7.92** |
| **8** | **10.56** | **10.56** | **10.56** | **10.56** | **10.56** | **10.56** | **10.56** |
| **10** | **13.20** | **13.20** | **13.20** | **13.20** | **13.20** | **13.20** | **13.20** |
| **12** | **15.84** | **15.84** | **15.84** | **15.84** | **15.84** | **15.84** | **15.84** |

**표2 CCA버스바로 동버스바 대체시 대조표（폭 조절 시） 단위：mm**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| cc부스바두께 불변 폭 19% 증가 시 | | | | | | |
| 두께 | **30** | **40** | **50** | **60** | **80** | **100** |
| **3** | **35.7** | **47.6** | **59.5** | **71.4** | **95.2** | **119.0** |
| **4** | **35.7** | **47.6** | **59.5** | **71.4** | **95.2** | **119.0** |
| **5** | **35.7** | **47.6** | **59.5** | **71.4** | **95.2** | **119.0** |
| **6** | **35.7** | **47.6** | **59.5** | **71.4** | **95.2** | **119.0** |
| **8** | **35.7** | **47.6** | **59.5** | **71.4** | **95.2** | **119.0** |
| **10** | **35.7** | **47.6** | **59.5** | **71.4** | **95.2** | **119.0** |
| **12** | **35.7** | **47.6** | **59.5** | **71.4** | **95.2** | **119.0** |

CCA부스바로 동부스바 대체 시 구체적인 실시방안표 3“ CCA

부스바로 동부스바 대체시 규격 선정 방안”

**표 3 . CCA부스바로 동부스바 대체시 규격 선정 방안**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 순서 | 동부스바규격  （mm×mm） | cca부스바규격（mm×mm） | |
| 1 | 2 |
| 1 | 30×3 | 30×4 | 36×3 |
| 2 | 30×4 | 30×5.3 | 36×4 |
| 3 | 30×5 | 30×6.6 | 36×5 |
| 4 | 30×6 | 30×8 | 36×6 |
| 5 | 30×8 | 30×10.5 | 36×8 |
| 6 | 30×10 | 30×13.5 | 36×10 |
| 7 | 30×12 | 30×15.8 | 36×12 |
| 8 | 40×3 | 40×4 | 47.5×3 |
| 9 | 40×4 | 40×5.3 | 47.5×4 |
| 10 | 40×5 | 40×6.6 | 47.5×5 |
| 11 | 40×6 | 40×8 | 47.5×6 |
| 12 | 40×8 | 40×10.5 | 47.5×8 |
| 13 | 40×10 | 40×13.5 | 47.5×10 |
| 14 | 40×12 | 40×15.8 | 47.5×12 |
| 15 | 50×3 | 50×4 | 60×3 |
| 16 | 50×4 | 50×5.3 | 60×4 |
| 17 | 50×5 | 50×6.6 | 60×5 |
| 18 | 50×6 | 50×8 | 60×6 |
| 19 | 50×8 | 50×10.5 | 60×8 |
| 20 | 50×10 | 50×13.5 | 60×10 |
| 21 | 50×12 | 50×15.8 | 60×12 |
| 22 | 60×3 | 60×4 | 71.5×3 |
| 23 | 60×4 | 60×5.3 | 71.5×4 |
| 24 | 60×5 | 60×6.6 | 71.5×5 |
| 25 | 60×6 | 60×8 | 71.5×6 |
| 26 | 60×8 | 60×10.5 | 71.5×8 |
| 27 | 60×10 | 60×13.5 | 71.5×10 |
| 28 | 60×12 | 60×15.8 | 71.5×12 |
| 29 | 80×4 | 80×5.3 | 95×4 |
| 30 | 80×5 | 80×6.6 | 95×5 |
| 31 | 80×6 | 80×8 | 95×6 |
| 32 | 80×8 | 80×10.5 | 95×8 |
| 33 | 80×10 | 80×13.5 | 95×10 |
| 34 | 80×12 | 80×15.8 | 95×12 |
| 35 | 100×5 | 100×6.6 | 120×5 |
| 36 | 100×6 | 100×8 | 120×6 |
| 37 | 100×8 | 100×10.5 | 120×8 |
| 38 | 100×10 | 100×13.5 | 120×10 |
| 39 | 100×12 | 100×15.8 | 120×12 |
| 40 | 120×5 | 120×6.6 | - |
| 41 | 120×6 | 120×8 | - |
| 42 | 120×8 | 120×10.5 | - |
| 43 | 120×10 | 120×13.5 | - |
| 44 | 120×12 | 120×15.8 | - |

동부스바두께≥8mm일 시 두개 CCA로 대체하는 방법으로 진행할것.

구체적인 실시 방안은 표4“cca부스바로 동 부스바대체시 규격선정방안

”참조할것.

표4 . CCA버스바로 동버스바 대체시 규격 선정 방안

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 순서 | 동부스바규격  （mm×mm） | cca부스바규격（mm×mm） | |
| 1 | 2 |
| 1 | 50×8 | 50×10.5 | 2（50×5.3） |
| 2 | 50×10 | 50×13.5 | 2（50×6.6） |
| 3 | 50×12 | 50×15.8 | 2（50×8） |
| 4 | 60×8 | 60×10.5 | 2（60×5.3） |
| 5 | 60×10 | 60×13.5 | 2（60×6.6） |
| 6 | 60×12 | 60×15.8 | 2（60×8） |
| 7 | 80×8 | 80×10.5 | 2（80×5.3） |
| 8 | 80×10 | 80×13.5 | 2（80×6.6） |
| 9 | 80×12 | 80×15.8 | 2（80×8） |
| 10 | 100×8 | 100×10.5 | 2（100×5.3） |
| 11 | 100×10 | 100×13.5 | 2（100×6.6） |
| 12 | 100×12 | 100×15.8 | 2（100×8） |
| 13 | 120×8 | 120×10.5 | 2（120×5.3） |
| 14 | 120×10 | 120×13.5 | 2（120×6.6） |
| 15 | 120×12 | 120×15.8 | 2（120×8） |

1. 정격단시내구전류(Rated short-time withstand current)검증 및

고정모선절연클립간 거리L값 계산

모선이 정격단시내구전류를 견디는 능력은 L값과 모선의 단면적 계수에 의해 결정됨. 모선의 단면적을 선정한 다음Dynamic stabilization을 만족시키는 최대 L값을 계산함. 제품설계와 제조 시 L값은 반드시 계산치 보다 작아야함.

2500A이상의 저압 switchgea의 상별 모선은2개 이상의 도체로 구성,단락전류 조건하애서 상과 상간의 모선에는 전동력이 존재하기에 계산하기가 어렵고 통상적으로 구조 개변이 불가능하기에 어떤 도체를 사용하더라도 해당 구조의 단시내구전류룰 만족시켜주어야 함. CCA버스바로 동 버스바를 대체했을 시에도 반드시 원래 구조로 인한 단시내구전류조건을 만족시켜주어야 하기에 표준규격의 저압switchgear의 단시내구전류는 쇼트전류(short circuit)로 인해 발생되는 밴딩 stress를 계산하고 그 값이 재료가 허용하는 최대치 보다 작은지 그 여부를 검증하는 방법으로 계산해야 함.

비표준규격의 콘트롤설비의 모부스닥트는 최대L값을 계산하는 방법으로 계산해야함. 제품설게 시 L값은 계산한 최대 L값 보다 작아야 함.

**7.1 저압switchgear의** Dynamic stabilization의 체크방법

예:GCK 밴딩sterssr계산방법은 부록A 참조할것.

**7.2CCA부스바의 L갑쇼 계산방법**

3상 시스탬에서 도체가 쇼트 시 중간 상이 최대의 전동력을 받음.

（4）

단위는N。

그중에서 ：i**쇼트 peak전류**，단위는 A；

L**두 도체를 고정하는 절연클립간의 거리,단위는 m**

a도체간의 중싱거리 단위는 m；

도체간의 작용력으로 인해 발생되는 밴딩 stress：

（5）

단위는 N/mm2。

그중: W=1/6 hb2 도체를 세웠을 시 단면적 계수(넓은 면으로 세움)；

B는 도체두께 단위:m；h는 도체 폭，단위:m；

Β는다이내믹 응력계수로서 도체가 고유한 진동주파수와 관련이 있으며 고정프램 유형에 의하여 결정됨.간단한 프램은 1로 저압switchgear수평모선에 중간에 수직으로 lead out한 부스바일 경우는 0.73으로 중간에 수직 lead-out 부스바가 없는 경우는 0.5로 계산한다.

* 도체가 쇼트시 밴딩응력은 반드시σ ≤ q σxu여야함..σxu는 도체의

항복강도(yield strength)임. 그중에서 q는 가소성(plasticity)계수이고 직사각형 단면은 q=1.5로 한다.

동과 알루미늄은 뚜렷한 항복극한이 없기에 일반적으로 영구적인 변형수치가 0.2%일 시 그에 대응하는 응력값을 해당재료의 항복극한치（σxu）로 한다. 중국전기공정수책(제2권,2002년2월 1일 출판)에 의하면 동의 항복극한치는 300～380N/mm2，알루미늄은 150～190 N/mm2 . GB/T3880.2-2006（일반 공업용알루미늄 및 알루미늄합금판과 strip자재 제2부분:역학성능)일반 공업용알루미늄과 알루미늄은 170 N/mm2

cca부스바는 아직 항복극한 데이타가 없기에 알루미늄 데이타를 cca부스바의 항복극한치로 계산하는것이 안전하고 신뢰성이 높음.

모선이 단락전류의 충격에 견딜수 있는지는 L값에 으ㅏ해 결정됨.L값은 공식 σ ≤ qσxu로 계산함.（β는 1로 계산）： 계산공식은

（6）

공식중 ：a 는 도체의 상간중심거리；W는 도체단면적계수；i는 정격peak value의 내구성전류임.

i값은 정격전류에 따라 다르다. 부동한 정격전류하에서의 회로변압기의 저항과Reactance및 배전회로의 저항과 reactance가 다르고 총 쇼트저항도 다르기 때문이다. 《산업과 민용배전설계수책》제3판 31의 데이타에 의하면 고압 사이드 short circuit용량이 무한대로 클 시 short circuit전류도 최대한 크기에 (.데이타는 하기 표 참조할것). 정격전류별 던럭전류도 다르도 L값도 다르다. 표5 데이타 참조.

에아타입 부스닥트를 예로 들어 a=0.023m，도체단면적과 단면적계수는 표5참조,단락전류 계산에 필요한 L값은 표5참조할것.

**表5 모선고정 절연클립거리L최대치**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 변압기용량（kVA） | 설비설계전류（A） | 실제최대단락전류 （kA） | 단락전류체크값（kA) | CCA부스바규격(mm2） | 단면계수（10-6 m3） | L（mm） |
| 200 | 400 | 7.16 | 10 | 5×40 | 0.16 | 336 |
| 315 | 630 | 10.73 | 15 | 6×60 | 0.36 | 330 |
| 400 | 800 | 13.53 | 19 | 6×80 | 0.48 | 286 |
| 500 | 1000 | 16.79 | 23.5 | 6×100 | 0.6 | 258 |
| 600 | 1250 | 20.83 | 29.2 | 6×125 | 0.75 | 234 |
| 800 | 1600 | 21.41 | 30 | 6×160 | 0.96 | 256 |
| 1000 | 2000 | 21.99 | 41 | 6×200 | 1.2 | 210 |
| 1250 | 2500 | 26.78 | 50 | 8×200 | 2.13 | 230 |
| 1600 | 3200 | 33.58 | 65 | 2（6×200） | 2×1.2 | 160 |
| 2000 | 4000 | 40.28 | 80 | 2（8×160） | 2×1.7 | 200 |
| 2500 | 5000 | 49 | 100 | 3（8×160） | 3×1.7 | 200 |

부스바 trunk시스탬이 2층 혹은 3층으로 구성되였을 시 단락전류도 층별로 배분된다.두층의 층별 단락전류는 총 단락전류의 2분의 1 나누기 분류계수로 검증하고 3층일 경우 층별 단락전류는 총 단락전류의 3분의 1 나누기 분류계수로 검증한다.예를 등들어 두층구조 단락전류가 는 80kA일 경우 층별 단락전류는40/0.85=47kA，3층구조 100kA일 경우 류층별 단락전류는33.3/0.7=47.6kA임.

참고자료：

1）《발전기공장 및 변전소 전기설비》 중국수력발전출판사

2）저압배전시스탬사각형 수평모선 다이내믹열안정계산《electric control 배전》2013제4,5기

3）《산업과 민용 배전설계수책》제3판 중국전력출판사

8.부록A：switchgear assemblies와 콘트롤설비에 CCA부스바를 적용한 사례

**A.1 GGD、GCK、GCS、MNS표준 케베네트 타입**

**수평 메인 부스바의 단시내구성전류 분석으로 검증한 결과:GCK(Low voltage switchgear0, 정격전류:6300A)예로 계산한 데이타는 하기표 참조（수평부스바의 배열방식이 동등한 설비타입의 계산방식은 하기 표A.1 GCK 데이타를 참조해도 됨.）**

1）GCK데이타：

표A.1 GCK데이타

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 정격전류（A） | 1600 | 2500 | 3200 | 4000 | 5000 |
| 단락전류（kA） | 30 | 50 | 65 | 80 | 100 |
| 설비규격（mm） | 600 | 600 | 800 | 1000 | 1000 |
| 수평부스바규격（mm×mm） | 10×100 | 2（10×100） | 3（10×100） | 3（10×120） | 4（10×120） |

2）계산과정：

1600A는 상마다가 단독으로 된 도체이기에 상간도체간 발생되는 밴딩응력만 계산하면 된다.2500A이상일 경우는 메인 부스가 2매이상의 도체로 구성되였기에 메인 도체(상과 상 사이)의 전동력 뿐만아니라 분류된 도체(동일 상간 도체)사이의 전동력도 고려해야 한다.총 밴딩응력은 이 두 부분의 밴딩응력의 합계임. GCK2구조에 의하여 메인 도체의 밴딩응력과 분류도체의 밴딩응력을 별도로 계산해서 그 합계치가 >255 N/mm2

인지를 검증해야 한다.

**A：메인 도체의 전동력과 밴딩응력 계산공식：**β=0.73

W는 도체단면적계수.W값은 IEC60865-1-2011《단랃전류효율계산 제1부분: 전의와 계산방법》에서 규정한 계산공식에 의함. 계산공식과 사진 및 GCK데이타는 하기 내용 참조.：

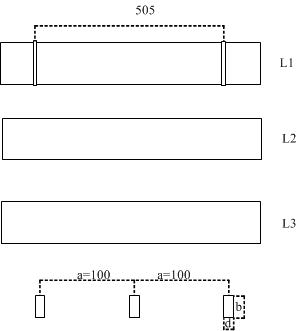
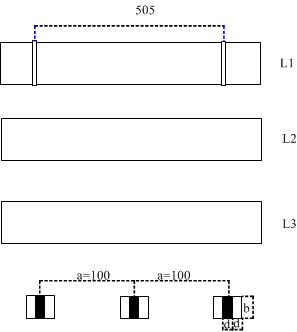
1600A，i=63kA，L=0.505m，a=0.1m，W=0.167hb2=1.67×10-6m3

2500A，i=105 kA，L=0.505 m，a=0.1 m，W=0.867hb2=8.67×10-6 m3

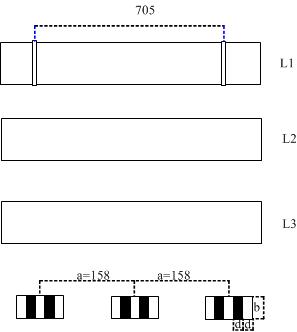
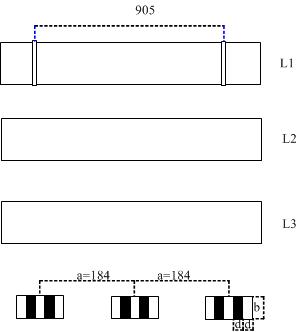
3200A，i=143 kA，L=0.705 m，a=0.158 m，W=1.98hb2= 19.8×10-6 m3

4000A，i=176 kA，L=0.905 m，a=0.184 m，W=1.98hb2= 23.76 ×10-6 m3

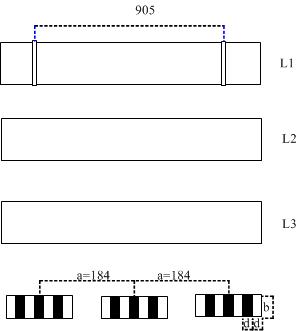
5000A，i=220 kA，L=0.905 m，a=0.184 m，W=3.48hb2= 41.76 ×10-6 m3



1600A（설비폭600mm） 2500A（설비폭600mm）



3200A（설비폭800mm） 4000A（설비폭1m）



5000A（설비폭1m）

상기 사이즈는 GCK switchgear의 구조 데이타임.

계산결과：

표A.2 계산결과

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 전류등급（A） | 1600 | 2500 | 3200 | 4000 | 5000 |
| σ（N/mm2） | 95.46 | 51.08 | 51.17 | 91.4 | 81.25 |

**B：분류(branches)도체 （동일 상간도체)에서 발생된전동력 계산공식**

밴딩응력

As와 Ws는 IEC60865에서 얻은 계산공식임.

공식중 ：n는 병열(side by side)도체계수，as는 분류도체간의 의 유효거리为分支导体间有效距，Ls는 인접지지대 혹은 받침대 간의 거리 ，Ws는 분류도체 단면적 계수.

IEC60865-1-2011《단락전류효율계산 제1부분:정의와 계산벙법》에 의한 계산공식임.계산공식과 사진 및 GCK2 데이타 계산방법은 하기와 같음.

as：1/as=K12/a12+k13/a13+k14/a14

2500A，i=105kA，n=2，则1/as=K12/a12=0.43/20=0.0215 as=46.5

Ls 최대0.505，Ws=1/6hb2=1.67×10-6；

3200A，i=143kA，n=3，1/as=K12/a12+k13/a13=0.43/20+0.63/40 as=26.8

Ls최대0.549，Ws=1/6hb2=1.67×10-6

4000A，i=176kA，n=3，1/as=K12/a12+k13/a13=0.37/20+0.57/40 as=30.5

Ls최대 0.7085，Ws=1/6hb2=2×10-6

5000A，i=220kA，n=4，1/as=K12/a12+k13/a13+k14/a14= 0.37/20+0.57/40+0.7/60 as=22.5

Ls최대 0.7085，Ws=1/6hb2=2×10-6

상기와 같이 분류도체에서 발생된 밴딩응력과 총 밴딩응력을 계산함.

표A.3 분류도체 밴딩응력과 총 밴딩응력

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 전류등급（A） | 1600 | 2500 | 3200 | 4000 | 5000 |
| σs（N/mm2） | / | 113.15 | 181.26 | 354.03 | 421.8 |
| σ（N/mm2） | 95.46 | 51.08 | 51.17 | 91.4 | 81.25 |
| σ=σs+σ（N/mm2） | 95.46 | 164.23 | 232.43 | 445.43 | 503.05 |
| L1과 L3에 절연지지대를 추가한 후 σ=σs+σ（N/mm2） | | | | 232.4 | 229.25 |

결과적으로 보면 분류도체 (동상) 간 발생되는 밴딩응력은 상간 메인 모선에서 발생되는 밴딩응력 보다 훨씬 크다는것을 알수가 있음. 1600A의 매개 상은 단독으로 된 도체로서 총 밴딩응력은 255N/mm2 보다 많이 작음.. 2500A와 3200A총 밴딩응력은 >255 N/mm2이기에 안전함. 4000A와 5000A동상 도체간의 밴딩응력은 CCA부스바 허용응력 225 N/mm2를 최과 했기에 CCA부스바의GCK2=4000과 GCK2-5000은 수평모선 중간에 절연지지대를 추가해서 Ls 최대치가 0.45m를 넘지못하게 해야 함.이렇게 상도체(Phase conductor)간에 절연지지대를 추가한 후 4000A규격제품의 σs=141，σs+σ=232.4；5000A규격제품의 σs=148，σs+σ=229.25로서 CCA부스바의 허용응력을 초과하지 않기에 안전한 것임.

상기분석을 통해 결론적으로 CCA부스바로 동부스바를 대체했을 시 수평메인모선은 단시내구전류 요구를 만족시킬수 있음.

상기 표준 설비를 통해 본석을 한 결과 CCA부스바로 동브스바를 대채했을 시 단시내구전류요구를 만족시킬수가 있다는 점을 검증할수가 있음. 도체의 단면적을 증기하고 온도상승 요구만 만족시킨다면 A.1.1—A.1.3방법으로 저압switchgear구조를 바꾸지 않는 상태에서 CCA부스바로 동부스바를 직접 대체할수가 있다는 결론을 내릴수 있음.

부스바는 메인부스바와 (수평모선,N부스바,PE부스바）feed bus（차단기입출력부스,콘트롤설비 수직 feed bus)로 나뉜다.

**A.1.1 수평 부스바 및 N부스바와 PE부스바**

표A.4“ 수평부스바를 CCA로 동부스바를 대체한 사례”에 의해 대체함.

**A.1.2 feed 모선（차단기 입출력 모선）**

표A.5“동부스바 차단기입출력모선을CCA부스바로 대체한 사례 ”의 1안을 선정할것과 동부스바 두께가 >8mm일 경우 2매 CCA부스바로 대체하는 2안을 선정할것을 건의함.

**A.1.3 control cabinet 중 수직 feed bus**

콘트롤케비네트의 동 수직피드부스를 cca bus로 대체할 경우 하기 표3에 의하여진행할것.

**A.1.4 기타 표준케비네트 타입**

기타 표준 케비네트란 모델은 다르지만 GGD,GC,、GCS,MNS와 구조가 동일한 저압switchgear를 말함. A.1.1—A.1.3은 CCA부스바로 동부스바를 대체할것.

**A.2 비표준 설계로 된** Complete set of electric switches와 콘투롤설비

**CCA부스바로 동부스바를 대체할 경우 온도상승 극한치와 단락내구전류 요구를 동시에 만족시켜 주어야 하기에 하기 표**A.4와 표A.5에 의하여 진행하고 계산공식6에 의하여 L값을 계산할것.

**표A.4 동 수평모선을 CCA부스바로 대체하는 사례**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 순서 | 정격전류（A） | 메인모선 | | N부스바 | | PE부스바 | |
| 동모선규격 （mm2） | CCA모선규격（mm2） | 铜母线 （mm2） | 铜铝复合母线（mm2） | 铜母线 （mm2） | 铜铝复合母线（mm2） |
| 1 | 400 | 5×60 | 6.6×60 | 3×60 | 4×60 | 4×40 | 5×40 |
| 2 | 630 | 5×80 | 6.6×80 | 4×60 | 5×60 | 5×40 | 6.6×40 |
| 3 | 800 | 6×80 | 6×100 | 4×60 | 5×60 | 5×40 | 6.6×40 |
| 4 | 1000 | 8×80 | 8×100 | 4×80 | 5×80 | 5×40 | 6.6×40 |
| 5 | 1250 | 10×80 | 10×100 | 5×80 | 50×10 | 5×40 | 6.6×40 |
| 6 | 1600 | 10×100 | 10×120 | 8×80 | 8×100 | 5×50 | 6.6×50 |
| 7 | 2000 | 2（10×80） | 2（10×100） | 10×80 | 10×100 | 5×80 | 6.6×80 |
| 8 | 2500 | 2（10×100） | 2（10×120） | 10×100 | 10×120 | 8×80 | 10×80 |
| 9 | 3200 | 3（10×100） | 3（10×120） | 2（8×100） | 2（10×100） | 10×80 | 10×100 |
| 10 | 4000 | 3（10×120） | 4（10×120） | 2（10×100） | 2（10×120） | 2（6×80） | 2（6×100） |
| 11 | 5000 | 4（10×120） | 5（10×120） | 3（8×100） | 3（10×100） | 2（8×80） | 2（8×100） |
| 12 | 6300 | 5（10×120） | 6（10×120） | 3（10×100） | 3（10×120） | 2（10×80） | 2（10×100） |

**표A.5 CCA부스바로 차단기입출력 동부스바를 대체하는 사례**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 순서 | 정격전류（A） | 1안 | | 2안 | |
| 동부스바규격 （mm2） | CCA부스바규격mm2） | 동부스바규격 （mm2） | CCA부스바규격（mm2） |
| 1 | 400 | 5×60 | 6.6×60 | — | — |
| 2 | 630 | 5×80 | 6.6×80 | — | — |
| 3 | 800 | 6×80 | 8×80 | — | — |
| 4 | 1000 | 8×80 | 10×80 | 8×80 | 2（5.3×80） |
| 5 | 1250 | 10×80 | 2（6.6×80） | — | — |
| 6 | 1600 | 2（8×80） | 4（5.3×80） | — | — |
| 7 | 2000 | 2（10×80） | 4（6.6×80） | — | — |
| 8 | 2500 | 3（10×80） | 4（10×80） | 3（10×80） | 6（6.6×80） |
| 9 | 3200 | 3（10×100） | 4（10×100） | 3（10×100） | 6（6.6×100） |
| 10 | 4000 | 4（10×100） | 5（10×100） | 4（10×100） | 8（6.6×100） |
| 11 | 5000 | 5（10×120） | 7（10×120） | 5（10×120） | 8（8×120） |
| 12 | 6300 | 7（10×120） | 10（10×120） | — | — |

상기 데이타는 GGD,GCK,GCS,MNS 등 IP40및 그 이하 등급의 outer shell방호 케비네트 타입에 적용됨.

**A.3 1600A GGD에 CCA부스바를 적용한 실제 검증사례**

Switchgear GGD-1600A，내부에 2000A의 Knife switch장착，2000A차단기，메인모선의 동부스바규격:10×100，CCA부스바규격은10×120；차단기에 연결한 입출력모선의 동부스바규격:（5×100）×2매，CCA부스바（6×100）×2매.

온도상승 검증결과표 A.6참조：

표A.6 GGD-1600A동부스바와 CCA부스바 온도상승표

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| GGD-1600A | 동부스바규격 | 동부스바온도상승 | CCA부스바규격 | CCA온도상승 | 부스바단면적비 (CCACu) | 온도상승차이 (CCA-Cu) |
| 수평모선 | 100×10 | 35 | 120×10 | 35.3 | 1.2 | 0.3 |
| knife스위치입력라인 | 100×10 | 49 | 120×10 | 48.7 | 1.2 | -0.3 |
| knife스위치 출력라인 | 100×10 | 50 | 120×10 | 50 | 1.2 | 0 |
| 차단기입력라인 | 2×(100×5) | 56 | 2×(100×6) | 57 | 1.2 | 1 |
| 차단기출력라인 | 2×(100×5) | 47.7 | 2×(100×6) | 48 | 1.2 | 0.3 |

정격단시내구성테스트중 단락전류peak value 63kA，모선클립간거리는0.93m，도체간중심거리는0.115m，공식5에 의해 얻은 동부스바 밴딩응력은σ=281.5N/mm2, cca밴딩응력은σ=234.6N/mm2, 모두 요구치 보다 작음；결론적으로 정격단시내구성테스트는 요구에 부합됨.

9.부록B：Bus trunk system(부스닥트)에 CCA부스바를 적용한 사례

Bus trunk system에 CCA부스바를 적용할 경우 온도상승극한치와 단시내구성전류 테스트 요구를 다 만족시켜주어야함.

B.1 에아타입 부스닥트를 수평으로 밀집형 부스닥트를 수평 및 수직으로 테스트진행. 표3“CCA부스바로 동부스바 대체시 단면적 대응 규격안” 에 의해 CCA로 대체할것；에아형 부스닥트를 수직으로 장착해서 테스트진행.,CCA로 동부스바를 대체하는 방안 없음.（표B.4참조）

B.2 정격단시내구전류 요구를 만족시키기 에아 타입 부스닥트의 L값과 밀집형 부스닥트 사이드 plate 볼트간 거리L값은 하기 표B.1을 참조할것.

**표B.1도체고정절연클립간 거리L**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 순서 | 단락전류(kA) | CCA부스바규격  （mm×mm） | L(mm) |
| 1 | 10 | 6×30 | 300 |
| 2 | 30 | 6×40 | 300 |
| 3 | 30 | 6×50 | 300 |
| 4 | 30 | 6×60 | 200 |
| 5 | 30 | 6×80 | 200 |
| 6 | 30 | 6×100 | 200 |
| 7 | 30 | 6×120 | 200 |
| 8 | 10 | 5×30 | 240 |
| 9 | 30 | 5×40 | 240 |
| 10 | 30 | 5×50 | 240 |
| 11 | 30 | 5×60 | 160 |
| 12 | 30 | 5×80 | 160 |
| 13 | 30 | 5×100 | 160 |
| 14 | 30 | 5×120 | 160 |
| 15 | 10 | 4×30 | 200 |
| 16 | 10 | 4×40 | 200 |
| 17 | 30 | 4×50 | 200 |
| 18 | 30 | 4×60 | 130 |
| 19 | 30 | 4×80 | 130 |
| 20 | 30 | 4×100 | 130 |
| 21 | 30 | 4×120 | 130 |
| 22 | 10 | 3×30 | 160 |
| 23 | 10 | 3×40 | 160 |
| 24 | 10 | 3×50 | 160 |
| 25 | 30 | 3×60 | 110 |
| 26 | 30 | 3×80 | 110 |
| 27 | 30 | 3×100 | 110 |
| 28 | 30 | 3×120 | 110 |
| 29 | 50 | 2（5×120） | 130 |
| 30 | 65 | 2（6×120） | 160 |
| 31 | 65 | 2（8×120） | 220 |

B.3 나부스바의 수평온도상승과 정격단시내구성전류(단락전류) 비교 검증

단락전류등급30kA，i=63kA，시간은1s，CCA부스바규격은 8×60，모선L값=180mm。

단락전류등급50kA ，i=105kA，시간은1s，CCA부스바규격은10×120，모선L값=186mm。

CCA부스바 단락전류 테스트 검증결과는 표B.2참조. CCA와 동 부스바 온도상승 비교 테스트 결과는 표B.3 참조할것.

**표B.2 CCA부스바 단락전류 테스트 검증 데이타**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 순서 | 규격  （mm\*mm） | 단락전류  （kA） | Peak i （kA） | a상간거리 (mm) | 절연고정클립간거리L | |
| 실험수치 | 이론수치 |
| 1 | CCA8×60 | 30 | 63 | 23 | 180 | 175 |
| 2 | CCA10×120 | 50 | 105 | 23 | 186 | 186 |

**표B.3 CCA와 동부스바 온도상승 비교 테스트 데이타**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 규격 (mm\*mm) | 단면적 (mm2) | 전류  (A) | 전류밀도  (A/mm2) | 온도상승 (K) | 온도상승차이 (CCA-Cu) |
| Cu6×60 | 360 | 630 | 1.75 | 22.35 |  |
| CCA8×60 | 480 | 630 | 1.31 | 22.5 | 0.15 |
|  | | | | | |
| Cu铜排10×100 | 1000 | 1350 | 1.35 | 26.55 |  |
| CCA10×120 | 1200 | 1350 | 1.13 | 25.97 | -0.53 |

B.4 CCA & Cu 나부스바 수직상태에서의 온도상승 비교테스트

하기 표B.4 참조할것.

**표B.4 CCA&Cu부스바 수직상태에서의 온도상승 비교테스트 데이타**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 순서 | 규격 (mm\*mm) | 단면적 (mm2) | 전류  (A) | 전류밀도(A/mm2) | 온도상승 (K) | 온도차이 (TL-T) | 단면적증가비% |
| 1 | T 5×50 | 250 | 425 | 1.7 | 21.88 |  |  |
| TL 5×60 | 300 | 425 | 1.42 | 25 | 3.12 | 20% |
|  | | | | | | | |
| 2 | T 8×40 | 320 | 500 | 1.56 | 26.13 |  |  |
| TL 8×50 | 400 | 500 | 1.25 | 25.28 | -0.85 | 25% |
|  | | | | | | | |
| 3 | T 60×6 | 360 | 630 | 1.75 | 30.52 |  |  |
| TL 60×8 | 480 | 630 | 1.31 | 29.98 | -0.55 | 33% |
|  | | | | | | | |
| 4 | T 8×80 | 640 | 1350 | 2.1 | 57.86 |  |  |
| TL 8×100 | 800 | 1350 | 1.69 | 56.78 | -1.08 | 25% |

10.부록C：옌타이피샌트쌍금속주식유한회사에서 생산한 cca부스바 생산공법과 데이타 및 규격

**C.1 피샌트 제품생산공법**

엔타이 피샌트는 2007년6월에 설립된 회사로서 옌타이시 무핑경제개발구에 위치하고 있다. 이회사에서 생산한 CCA부스바 제품시리즈는 전력과 신규에너지(풍력발전)등 영역에 널리 적용되고 있다.

엔타이 피샌트사에서 수평연속주조공법으로 생산한 CCA부스바의 게면 결합강도는 >= 35MPa임. 해당 공법은 5가지공정이 있음.：1.수평연속주조——동과 알루미늄 두가지금속이 진공상태의 복합설비에서 융해되여 동시에 결정이 되면서 두 금속의 결합면의 원자가 순결도 높은 고성능의 결합 즉 야금결합으로 부동한 규격의 연속주조 동알루미늄 bar billet가 형성됨.；2.압연인발——bar billet를 압연기로 13-15번 연속 압연을 하고 인발하는 공정을 거쳐 부동한 규격의 동알루미늄복합도체소재가 형성됨.3.열처라——열처리를 통해 고객사의 부동한 제품사용 성능 요구를 만족시켜줌；4.표면처리——표면 연마를 거쳐 광택이 나도록함.；5. 기계가공——고객사의 부동한 규격과 가공요구를 만족시키기 위해 펀칭,절곡,밀링,Press riveting,hinge wire등 가공을 진행.

수평연속주조공법으로 생산한 cca부스바의 동층체적비는25%와 30%,이에 상응한 밀도는 4.25g/cm3 , 4.56g/cm3

동과 알루미늄 계면이 야금결합으로 결합되였기에 산화물과 잡질이 없으며 결합강도는 >=35Mpa. 생산가능한 부스바의 폭은 30~120mm, 두께는 3~20mm임.

**C.2 피샌트에서 생산한 CCA 부스바 데이타**

하기 표C.1，C.2，C.3，C.4 참조.

**표C.1피샌트 CCA부스바 데이타**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| TNSTJ | 항목 | 기술요구 |
| 1 | 재질 | 동층재질은 GB/T 5231규정부합.동함량>=含铜量不小于99.90%.AL CORE재질은 GB/T 1196규정부합,AL함량>=于99.70%. |
| 2 | 동층체적비,동층두께 및 오차범위 | 동층체적비는 25%혹은30%, 허용오차±2%；횡단면 넓은면과 좁은면의 동층두께 불균형분포를 허용함.단 폭>50.00mm일 시 부스바의 임의 위치의 최소동층두께는 >=0.4mm；폭이<=50.00mm일 시 부스바 임의 위치의 동층두께는 >=0.2mm여야 함.； |
| 3 | 밀도 | 체적비25% 부스바바밀도는 4.25g/cm3，허용편차는 ±3%；  체적비30% 부스바의 밀도는 4.56g/cm3，허용편차는 ±3%； |
| 4 | 계면결합전단강도 | >=35MPa |
| 5 | 저항율 | 표C.2 참조 |
| 6 | 온도변화특성실험 | 100회고온저온 열순환 테스트 후 AL CORE와 동복합층간 전단강도>=35MPa여야 함. |
| 7 | 사이즈편차 | 표C.3 참조 |
| 8 | 평탄도 | 1m길이 내에서 좁은면 （a）의 평탄도는 <=2mm，넓은면 （b）평탄도는 <=5mm 여야함 |
| 9 | 절곡성능실험 | 부스바넓은면 90°절곡후 표면에 주름 혹은 갈라짐이 없어야 함. |
| 10 | 인장강도와 신율실험 | 표C.4참조 |

1. **표C.2 피샌트 CCA부스바 직류저항율**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 동층체적비 | 상태 | 20℃직류저항율  （Ω·mm2/m） | 전도율（%IACS） |
| 25% | O | ≤0.02498 | ≥69 |
| H | ≤0.02548 | ≥67.7 |
| 30% | O | ≤0.02424 | ≥71.1 |
| H | ≤0.02477 | ≥69.6 |
|  | 비고：20℃ 일 경우 부스바의 물리적 대이타는 하기 수치 참조：  a）체적비25% 부스바 밀도는4.25g/cm3；  체적비 30% 부수바 밀도는 4.56g/cm3；  b）저항온도 계수(20℃)：4.0×10-3/℃；  c）팽창계수：2.25×10-5/℃。 | | |

1. **표C.3피샌트 CCA부스바 사이즈 오차범위**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 액면사이즈(nominal)（mm） | 좁은면（a）（mm） | 넓은면（b）（mm） |
| 2.50＜a≤6.30 | ±0.12 | — |
| 6.30＜a≤12.50 | ±0.15 | — |
| 12.50＜a | ±0.20 | — |
| 30＜b≤100 | — | ±0.80 |
| 100＜b | — | ±1.20 |

1. **표C.4 피샌트 부스바 인장강도와 신율**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 인장강도（MPa） | | 신율（%） | |
| H | O | H | O |
| ≥110 | ≥90 | ≥1.5 | ≥11 |

비고：부스바 경도HB62 및 그 이상은 Y타입（H），HB62이하는 R타입（O）임.

**C.3 피샌트 CCA부스바 규격**

하기 표C.5참조.

**表C.5 피샌트CCA부스바 규격표**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 두께  폭 | 3 | 4 | 5 | 5.3 | 6 | 6.6 | 8 | 10 | 10.5 | 12 | 13.5 | 15.8 |
| 15 | × | × | × | × | × | × | × | × | O | O | O | O |
| 18 | × | × | × | × | × | × | × | × | O | O | O | O |
| 20 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 23 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | O |
| 25 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | O | O |
| 28 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | O |
| 30 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 36 | O | O | O | O | O | O | O | O | O | O | O | O |
| 40 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 47.5 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 50 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 60 | O | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 71.5 | O | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 80 | O | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 95 | O | O | O | O | O | O | O | O | O | O | O | O |
| 100 | O | O | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 120 | O | O | O | O | × | × | × | × | × | × | × | × |

비고1：

×：추천규격

O：생산가능 비추천규격

비고2：

폭40mm및 그 이하의 부스바의 동층 체적비는 30%，폭40mm이상 부스바의 동층체적비는 25% 임.