**انواع چرخ های قطار: چرخ های بانداژی ومنو بلاک، فرایند ساخت چرخ های قطار و استانداردها و تست ها**

**چکیده**

در تهیه و تأمین چرخ های منوبلوك در اغلب مشخصات فني به مقررات UIC از جمله فیش 3-812 UIC اشاره شده است. اتحاديه بین المللی راه آهن ها، این فیش را منسوخ و استاندارد EN 13262 را جايگزين آن كرده است. بيشتر بند های مشخصات فني چرخ ها در فيش 3-812 UIC با استاندارد 13262 EN تفاوت هایي دارد كه در این مقاله به آنها پرداخته مـي شود. چون این الزامات در طراحي و توليد چرخ ها بايد مدنظر قرار گيرد، در فرایند جايگزيني چرخ ها در واگن های مسافري كه با كمبود چرخ مواجه هستند نيز روش مناسب و مطمئني را ارائه مي دهد. این دو استاندارد ريلي كليه چرخ های منوبلوك در واگن های مسافري و باري بـا گريدهای گوناگون را پوشش می دهند.

واژه های كليدي چرخ راه آهن، منوبلوك، استاندارد 13262 EN ،فيش 3-812 UIC

**مقدمه**

ازجمله عوامل كنترل روند خرابي و آسیب ديدگي چرخ های راه آهن رعايت الزامات توليد است. چـون شركت های بهره بردار ريلي، از جمله شركت قطارهای مسافري رجا، طي فرایند تأمين اقـلام مورد نيـاز خـود، از جمله چرخ، از تامين كنندگان داخلي و خـارجي استفاده مي كنند، لازم است مروري بر الزامات طراحي داشته باشند. در تأئيديه فني به پيشنهادات ارائه شده معيارهایي وجود دارد كه عدم توجه به آنها منجر به خريد نامناسب تحمیل هزینه های گزاف به شـركت های بهره بردار خواهد شد، تا جايیكه بهره برداران به فكر جايگزيني چرخ های خريداري شده به جاي چرخ های ديگر مي شوند كه كمبود آنها در ناوگان مسافري احساس مي گردد و همين امر منجر به تراش پروفيل چرخ نو و دورريز مقادير زيادي از فولاد چرخ مي شود. چرخ های منوبلوك مسافري در ايران همگي از نـوع R7 مي باشند (جدول1) . این چرخ ها از نوع فولاد غير آلياژي نورد شده اند. به غير از خواص شيميايي و برخي پارامتر های مكانيكي (تفاوت ها در جداول مشخصات فني قيد شده اند) باقي شرايط براي چرخ مسافري و باري مشابه می باشند.

**تفاوت كليات دو استاندارد**

نوع عمليات حرارتي: در فيش 3-812 UIC به سه نوع عمليات حرارتي نرماليزه، ريم چيلد و كوئنچ تمپر اشاره شده است (چرخ های مسافري ايران همگي از نوع ريم چيلد هستند). در حاليكه در استاندارد EN 13262 تنها به ريم چيلد اشاره شده است. لذا كليه چرخ ها طبق این استاندارد به روش ريم چيلد توليد مي شوند.

دسته بندي براساس سرعت واگن: فيش 3-812 UIC دسته بندي براي سرعت سير واگن ها انجام نداده است در حاليكه در استاندارد 13262 EN دو نوع گروه بندي تحت عنـوان 1 و 2 انجام شده است. گروه 1 برای قطارهای با سرعت بيش از 200 كيلومتر بر ساعت و گروه 2 براي سرعت كوچكتر يا مساوي 200 كيلومتر بر ساعت است. در هر مورد از بندهای مشخصات فني در صورت لزوم به نوع گروه بندي مربوطه اشاره خواهد شد.

**مشخصات تولید محصول**

مشخصه شيميايي: مقايسه آناليز شيميايي (حداکثر درصد اجزاء تشكيل دهنده ماده) در خصوص چرخ های منوبلوك در دو استاندارد در جداول 2 و 3 ارائه شده اند. با مقايسه جداول 2 و 3 مشخص می شود كه در استاندارد 13262 EN مقادير عنصر فسـفر و گـوگرد 42 درصد كاهش (از 350/0 به 02/0 ) و وانـاديوم 20 درصد افزایش داشته است. عناصر فسفر و گوگرد جزء عناصر مضر موجود در چرخ هستند كه هرچه درصد آنها كمتر باشد، كيفيت فولاد چرخ بالاتر خواهد بود (اثر این دو و به عبارتي عمر خستگي چرخ آلياژ در تميزي فولاد نمود مي يابد). واناديوم جزء عناصر آلياژي مطلوب است كه باعث افزايش استحكام فولاد چرخ می شود.

مشخصه های مكانيكي: شـامل مشخصه های حد استحكام كشش (نهایي)، تنش تسليم، درصد افزایش طول (A) ،انرژي ضربه، مشخصه خستگي و مشخصه چقرمگي می باشند.

با مقايسه مقادير استحكام نهایي فـولاد R7 در هر دو جدول، براساس استاندارد 13262 EN درصد افزایش طول در جان چرخ بايستي بالاتر از 16 درصد باشد، در حاليكه در فيش 3-812 UIC به 14 درصد اشاره شده است. درصد افزايش طول بالاتر باعث افزایش چقرمگي ماده و انرژی ضربه بیشتر می شود.

**مقادير انرژي ضربه**

حداقل انرژي ضربه فـولاد R7 طبق جدول 4 فیش 3-812 UIC 15ژول می باشد، در حاليكه دماي تست ارائه نشده است ولیکن میانگین انرژی ضربه در استاندارد 13262 EN در دماي 20 درجه سانتيگراد، 17 ژول است (جدول6). انرژی ضربه بالاتر نشان دهنده مقاومت بیشتر در برابر ضربه است.

**آزمون سختی سنجي**

در فیش 3-812 UIC محل اندازه گیری سختی را موقعيت B در شكل 1 تعيين نموده، وليكن اشاره دقيقي به مقدار سختي نشده است (بنـد 7-8-8 فیش). قطر ساچمه سختي سنجي 5 ميليمتر می باشند. سختی سنجی جهت تعيين همگني در يك دسته 25 ميليمتر پايين تر از نقطه غلتش چرخ (علامت گذاري طبق شكل 1) به روش برينل انجام می شود و اختلاف سختي ها در یک دسته نبايد از 30 برينل تجاوز كند.

در استاندارد 13262 EN حداقل مقادیر سختی برای طوقه چرخ با گريد R7 برحسب برينل (HB) طبق جدول 7 ارائه شده است. این مقادير بايسـتي در عمـق حداكثر 35 ميليمتر زير نقطه غلتش سطح به دست آيد. حتي اگر عمق مجاز سايش(محدوده سايش) بيش از 35 ميليمتر باشد (شکل 2)، قطر ساچمه سختی سنجی 5 ميليمتر می باشند.



شکل 1. موقعيت های اندازه گيري سختي برينل (ابعاد برحسب ميليمتر) (فيش 3-812 UIC)

سختي سنجي جهت تعیین همگنی در یک دسته در فاصله 25 ميليمتر پايينتر از نقطه غلتش چرخ (طبق شكل 3 ) به روش برينل انجام می شود و اختلاف سختي ها در يك دسته نبايد از 30 برينل تجاوز كند. در این مورد هر دو استاندارد مشابه اند. تنها تفاوت در قطر ساچمه سختي سنجي است. طبق استاندارد 13262 EN قطر ساچمه سختي سنجي 10 ميليمتر است، در حاليكه در فیش 3-812 UIC به مقدار قطر ساچمه سختي سنجي اشاره ای نشده است. نكته ديگر آن است كه در استاندارد 13262 EN علاوه بر همگنی سختی در طوقه چرخ در يك دسته، همگنی سختی در هر چرخ هم برای گروه 1 (سرعت سیر بالاتر از 200 كيلومتر بر ساعت) معين شده است و نبايد از 30 برينل تجاوز نمايد، در حاليكه در فيش 3-812 UIC اشاره ای به این مورد نشده است.



شکل 2. موقعیت های اندازه گیری سختی برینل (ابعاد بر حسب میلیمتر) (استاندارد 13262 EN)



شکل3. محل اندازه گيري سختي سنجي جهت تعيين همگني در يك دسته (استاندارد 13262 EN)

**تست خستگي**

در فيش 3-812 UIC به انجام و مقادير مجاز تنشها تحت تست های خستگي اشاره ای نشده است. طبق استاندارد 13262 EN ، مستقل از نوع گريد فولاد، جان چرخ بايستي بتواند دامنه تنش طبق جدول 8 را در طول 107 سيكل بارگذاري بدون هيچگونه ترك اوليه ای با احتمـال 7/99 درصد تحمل نمايد. هدف از این تست، اطمينان از محصول توليدشده و تعيين تنش های مجاز جهت طراحي خستگي جان چرخ است.

**مقادير چقرمگي**

در فیش 3-812 UIC و استاندارد 13262 EN اشاره شده است كه مشخصه چقرمگي براي تمامي چرخ های مجهز به ترمز كفشكي بايستي بررسي شود. در چرخ های R7 مقدار ميانگين به دست آمده از شش قطعه تست بايسـتي بزرگتـر يـا مسـاوي 80 باشد. همچنين مقدار هيچ كــدام از نمونه ها از ٧٠ كمتر نشود. نمونه بايد طبق استاندارد ASTM-E399 تهیه شود. نمونه های تست كشش با ضخامت 30 ميلي متر (CT30) از نوع شيار V شكل مي باشند. رشد ترك در راستاي شيار مصنوعی ايجاد شده می باشند.



شکل 4. موقعيت نمونه برداری جهت تعيين چقرمگي در هر دو استاندارد

**تميزي ماده - آزمون ميكروگرافي**

در فيش 3-812 UIC اطلاعاتي در این مورد داده نشده است. در استاندارد 13262 EN حداكثر حدود مجاز نا خالصي ها (از جمله سولفور، سيليكات و ...) در آزمون ميكروگرافي در دو گروه 1 و 2 طبقه بندی شده كه در جدول 9 آمده است ناخالصي های موجود در چرخ يكي از پارامترهای مهم در بروز پديده خستگي در چرخ ها است.

**محل نمونه برداری از قطعه جهت متالوگرافي**

نمونه برداری از چرخ مطابق قسمت هاشورخورده در شكل 5 در موقعيت 15 ميليمتر زير سطح غلتش چرخ انجام مي شود.



شکل 5. محل نمونه برداری آزمون ميكروگرافي براساس استاندارد EN 13262

**عيوب داخلي**

عيوب داخلي با استفاده از آزمـون های اولتراسونيك قابل تشخيص است. عيوب داخلي قسمت جان و توپي چرخ در UIC توضيح داده نشده است. در حاليكه در استاندارد13262 EN 13262 براي عيوب داخلي در طوقه، جان و توپی چرخ محدوه هایي تعريف شده است. با توجه به گستردگي بحث آزمون اولتراسونيك در استاندارد 13262 EN ، در اینجا از آن صرفنظر شده، به طور خلاصه توان بيان مي كرد كه این استاندارد در مقايسه با 3-812 UIC با جزئيات بيشتري به تست غيرمخرب پرداخته است و براي سرعت های بالا، EN 13262 سختگيرانه تر است. معيارهای پـذيرش عيوب داخلي در دو استاندارد با هم تفاوت دارد.

**عيوب سطحي**

براي عيوب سطحي در 3-812 UIC معيار پذيرش داده نشده است. وليكن در استاندارد 13262 EN ، عيوب سطحي مجاز حداكثر 2 ميليمتر براي سطوح ماشينكاري شده و 6 ميليمتر براي سطوح غيرماشينكاري مانند آهنگري يا نورد قيـد شده است. ضمن آنكه جهـت تعیین عيوب سطحی از آزمـون ذرات مغناطيسي استفاده می شود.

**تنش های پسماند**

عمليات حرارتي در چرخ مـيتواـد منجـر به ايجـاد تنش های پسماند محيطي در طوقه چرخ شـود. مقادیر مــجاز تنش های پسمـاند محـيطـي در فیش UIC 3-812 قيـد نشده انـد. وليكن در استاندارد EN 13262 اشاره شده است كه انـدازه مقادیر تنش های محيطي فشاري نزدیک سـطح غلـتش چرخ بايـد در محدوده 80 تا 150 مگاپاسكال باشد. تنش های پسماند در عمق بين 35 و 50 ميليمتـر از نقطـه غلـتش چرخ بايستي صفر باشند (شكل 6 ).



شکل 6. دامنه تغييرات مقادير تنش پسماند محيطي (استاندارد 13262 EN)

اندازه گيري مقادير تنش بايستي پس از انجام عمليـات حرارتي در چرخ صورت گيرد؛ زيرا تنش های پسـماند پس از عمليات حرارتي در چرخ ايجاد می شود. این آزمون هم به صورت مخـرب و هـم غيرمخـرب انجام می شود. يكـي از روش های اندازه گیری استفاده از كرنش سنج در مكان های خاصي از چرخ است. شكل 7 نمونه محل نصب كرنش سنج ها را نمايش مي دهد.



شکل 7. محل نصب كرنش سنج براي تعيين تنش های پسماند در سطح غلتش چرخ

**مشخصه های سطح ماده- مقادير زبري سطح**

از مشخصه های سطحي چرخ آن است كـه چرخ ها بايستي يا كاملاً ماشينكاري يا نيمه ماشينكاري شـوند. آن بخش از چرخ ها كه به صورت آهنگري و يا نـورد باقي ميمانند بايستي ساچمه زني شـوند. در فیش 3-812 UIC به زبري سطح اشاره نشده است، ولیکن در فيش 2-812 UIC مقادير زبري طبق جدول 10 می باشند. طبق استاندارد 13262 EN میانگین زبري سطح چرخ ها نيز بايستي بر اساس جدول 10 . باشند.

**تلرانس های هندسي**

در فيش 3-812 UIC به تلرانس های هندسـي اشاره نشده است، وليكن تلرانس های هندسـي اشاره شده در فیش 2-812 UIC بــا استاندارد EN13262 در برخــي پارامترها تفــاوت دارد. از جمله مقادیر تلرانس های قطر داخلی طوقه در هر دو سمت چرخ، قطر خارجی در هردو قسمت توپی، طول نشیمن چرخ روی محور، بیرون زدگی توپی چرخ نسبت به محور، لنگی محوری در طوقه و لنگی در قطر سوراخ توپی که در استاندارد 13262 EN محدود تر شده اند.

**عدم بالانسينگ استاتيكي**

حداكثر مقادير نابالانسي استاتيكي براي سرعت های گوناگون در هر دو استاندارد يكسان است، به غيـر از سرعت بالاي 250 كيلومتر بر ساعت كه در استاندارد 13262 EN محدودتر است (حداكثر 25 گرم متر) در حالي كه در فيش 3-812 UIC به ازاء سرعت واگن بالاي 200 كيلومتر بر سـاعت حداكثر نابالانسـي 50 گرم متر تعريف شده است.

جدول 1. مقايسه دامنه گريدهای فولاد در فيش 3-812 UIC با استاندارد 13262 EN



جدول 2. آناليز شيميايي فولاد چرخ R7 طبق فيش 3-812 UIC



جدول 3. آناليز شيميايي فولاد چرخ R7 طبق استاندارد 13262 EN



جدول 4. برخي از مشخصه های مكانيكي فيش 3-812 UIC



جدول 5. برخي از مشخصه های مكانيكي استاندارد 13262 E



جدول 6. انرژي ضربه در استاندارد 13262 EN



جدول 7. حداقل مقدار سختي براي چرخ منوبلوك براي دو گروه 1 و 2 طبق استاندارد 13262 EN



جدول 8. مقادير مشخصه های خستگي براي جان چرخ طبق استاندارد 13262 EN



جدول 9. حدود مجاز در آزمون ميكروگرافي براساس استاندارد 13262 EN



جدول 10. مقادير زبري سطح چرخ ها در زمان تحويل (فيش UIC 812-2و استاندارد EN 13262 (



جدول 11. تفاوتها و برخي شباهتها در مشخصات فني فيش 3-812 UIC و استاندارد 13262 EN

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ردیف** | **پارامترها و مشخصات فني** | **تفاوت ها** |
|  |  | UIC 812-3 | EN 13262 |
| 1 | پارامترهاي عمومي |  |
| 1-1 | عمليات حرارتي | 3 نوع (براي چرخ R7 كه در ايران استفاده ميشود نوع ريم-چيلد است) | 1 نوع (براي تمامي چرخ ها از جمله چرخ R7 تنها نوع ريم- چيلد وجود دارد) |
| 2-1 | طبقه بندي براساس سرعت واگن | طبقه بندي انجام نشده | طبقه بندي انجام شده |
| 2 | مشخصه هاي توليد |  |
| 1-2 | آناليز شيميايي | در برخي عناصر آلياژي تفاوت وجود دارد |
| 2-2 | خواص مكانيكي |  |
| 1-2-2 | استحكام كشش (حد نهایی) | يكسانند |
| 2-2-2 | درصد افزايش طول | يكسان نيستند |
| 3-2-2 | محل نمونه برداري جهت انجام آزمونهاي مكانيكي | يكسانند |
| 4-2-2 | مقادير انرژي ضربه | يكسان نيستند |
| 5-2-2 | محل آزمون سختي سنجي و مقدار سختي در چرخ | يكسان نيستند |
| 6-2-2 | محل سخت يسنجي جهت تعيين همگني در يك دسته ومقدار | يكسانند |
| 7-2-2 | همگني سختي در يك چرخ | اطلاعات وجود ندارد | اطلاعات وجود دارد |
| 8-2-2 | آزمون خستگي و مقادير مجاز دامنة تنش | اطلاعات وجود ندارد | اطلاعات وجود دارد |
| 9-2-2 | مقادير چقرمگي | يكسانند |
| 3-2 | تميزي ماده- آزمون ميكروگرافي | اطلاعات وجود ندارد | اطلاعات وجود دارد |
| 1-3-2 | محل نمونه برداري از قطعه در آزمون ميكروگرافي | اطلاعات وجود ندارد | اطلاعات وجود دارد |
| 2-3-2 | عيوب داخلي | بــراي جــان و تــوپي چــرخ اطلاعاتي داده نشده است. فقط براي طوقه وجود دارد | بـراي هـر ســه بخـش جــان، توپي و طوقه چـرخ اطلاعـات وجود دارد |
| 3-3-2 | عيوب سطحي | اطلاعات وجود ندارد | اطلاعات وجود دارد |
| 4-2 | تنش هاي پسماند | اطلاعات وجود ندارد | اطلاعات وجود دارد |
| 5-2 | مشخصه هاي سطح ماده - زبري سطح | در 3-812 UIC اطلاعات وجود ندارد، امـا مقـادير موجـود در UIC 812-2 با استاندارد EN 13262 مشابه است |
| 6-2 | تلرانس هاي هندسي | در 3-812 UIC اطلاعـات وجـود نـدارد مقـادير تلـرانسهـاي هندسي در 2-812 UIC ارائـه شـده كـه همـة مقـادير تلـرانس هندسي با استاندارد 13262 EN يكسان نيستند |
| 7-2 | حدود مجاز نابالانسي استاتيكي | يكسانند ولي استاندارد 13262 EN كاملتر است |
| 8-2 | حداكثر درصد گاز هيدروژن موجود در چرخ | اطلاعات وجود ندارد | اطلاعات وجود دارد |

حداكثر درصد گاز هيدروژن موجود در چرخ در 18 مرحله ذوب به درصد گاز هيدروژن در هـيچ یک از مقـررات UIC اشاره اي نشده است، حال آنكه يكي از پارامترهای مهم در عمر خستگي چرخ است. تنها استانداردي كه حدود مجاز برای آن تعیین نمـوده، استاندارد 13262 EN است. روش اندازه گیری و آنــاليز در پيوســت این استاندارد اشاره شده است. حداكثر مقادير درصد گـاز هيدروژن، براي گروه 1 (سرعت بالاي 200 كيلومتر بر ساعت) ppm2 و برای گروه 2 ppm 5/2 می باشند. لذا خريدار بايستي درصد گاز هيدروژن موجود در چرخ را از شركت سازنده اخذ كند. حاصل بررسي مشخصه های فني چرخ های منوبلوك شامل تفاوت ها و برخي شباهت های فیش 3-812 UIC و استاندارد EN 13262 به اجمال در جدول 11 قيد شده است.

**نتيجه گيري**

اتحاديه بين المللي راه آهن ها، برخي فیش های UIC را منسوخ و استانداردهای EN را جـايگزين آنهـا كرده است. لذا بايستي در تدوين مشخصات فني و سـفارش تـأمين قطعـات، در اشاره به فيشهای UIC تعمق بيشتري نمود. يكي از این مـوارد، مشخصات فني چرخ های منوبلوك است كه قبلاً در تدوين مشخصات فني و سفارش توليد به فيش 3-812 UIC اشاره ميشد و همينك استاندارد 13262 EN جايگزين آن شده است.

مواردي از بندهای این دو استاندارد از جمله مشخصه های مكانيكي، آنـاليز شـيميايي، انرژی ضربه، تلرانس های ابعادي و ... تفاوت دارند، اما در مجموع خواص پارامترها در استاندارد 13262 EN بهبود يافته اند. برخي پارامترها از جمله درصد گاز هيـدروژن در هـيچ يك از مقررات UIC و حتي استانداردهای اروپـايي مطرح نشده است در حـاليكه يكي از پارامترهای مهم در عمر خستگي چرخ می باشند. تنها استانداردي كه حدود مجاز براي آن تعيين كرده است، استاندارد 13262 EN می باشند. لذا درصد گاز هيدروژن موجود در چرخ بايستي توسط تامين كننده چرخ به خريدار ارائه و ارزيـابي شود. پارامترهای ديگر از جمله معيارهای تست خستگي، حد سختي سطحی طوقه، مقادیر مجاز تنش های پسماند، حدود مجاز ناخالصي ها در ماده، طبقه بندی براساس سرعت سیر واگن به جز در مورد نابالانسي استاتيكي در فیش UIC اشاره نشده است.

در پايان ميتوان اذعان داشت استاندارد EN جـايگزين مناسبي براي فيش UIC (حداقل درمـورد مشخصات فني چرخ های منوبلوك) است.

**منابع**

1. European Standard EN 13262, Railway applications-Wheel sets and bogies-WheelsProduct requirement, March 2004.
2. International Union of Railways, UIC 812-3, Technical Specification for the supply of solid (monobloc) wheels in rolled non-alloy steel for tractive and trailing stock, 5th edition, 1.1.84.
3. International Union of Railways, UIC 812-2, Solid wheels for tractive and trailing stockTolerances, 2th edition, December 2002.
4. ASTM E399 Standard, Plane Strain fracture toughness of metallic materials, 17 April 1992.
5. European Standard EN 13979-1, Railway applications-Wheel sets and bogies-Monobloc