

ВЪЗМОЖНОСТ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА СФЕРОГРАФИТНИ ЧУГУНИ В ГОРНОТО СТРОЕНЕ НА ЖЕЛЕЗНИЯ ТРАНСПОРТ

A POSSIBILITY OF USING DUCTILE IRON IN THE RAILWAY INFRASTRUCTURE AND TRACK

доц. д-р Г. Рашев
ТУ – Габрово
rashev@tugab.bg

инж. М Свиленов
Осъм АД – Ловеч
msvilenov@ossam-bg.com

Abstract: The high-strength complex of the spheroidal graphite cast irons makes them a suitable constructive material, which can compete with the forged carbon and low-alloy steels. In this article it is considered the possibility of using cast details from ductile iron in the railway transport instead of details made from steel.

KEY WORDS: DUCTILE CAST IRON, FASTENING IN RAILWAY TRANSPORT

През последните години се забелязва постоянна тенденция на нарастване на относителния дял на чугуните със сфероидален графит (ЧСГ), в лятите Fe-C сплави. Проведените практически и експериментални изследвания, постоянно утвърждават превъзходните качества на този материал. Доказал своите предимствата, ЧСГ от години се използва в автомобилостроенето, селскостопанските машини, минното дело, ВиК и др. сфери на промишлеността. Високият комплекс от статични и динамични якостни характеристики го правят конструкционен материал, конкуриращ успешно кованите въглеродни и нисколегирани стомани. Подобна тенденция се забелязва и в силно консервативната железопътна индустрия. Поради високите изисквания към качеството и безопасността на продуктите и възлите в ЖП-транспорта, навлизането на нови материали и промяната на вече утвърдените става бавно, след многобройни проверки и изпитания. Националните и фирмените стандарти се променят трудно, а нововъведените трябва да докажат в кратки срокове предимствата си, за да могат да получат шанса да влязат в ползването на големите компании в бранша. Само те имат потенциала да наложат промяна в статуквото. Това е и причината сферографитният чугун десетилетия наред постепенно да се доказва и измества стоманата, като основен конструкционен материал в ЖП индустрията.

модифициране на чугуна в течно състояние. Често се използват различни лигатури с редкоземни елементи за подобряване на свойствата или получаването на конкретен ефект. В зависимост от химическия си състав и скоростта на охлаждане ЧСГ могат да бъдат със различна структура на металната матрица: феритна, ферито-перлитна и перлитна. На фиг.1 са показани типични структури на най-често използваните марки сферографитни чугуни в ЖП индустрията.

Сферографитният чугун превъзхожда по механични показатели сивия чугун и чугуните с вермикулярен графит, и е реална алтернатива на лятите и ковани стомани [1]. Анализът на характера на връзката на якостта на опън с другите механични характеристики показва, че с нарастване на якостта в ЧСГ пропорционално нараства и границата на провлачане. При ЧСГ отношението $R_{p0.2}/R_m$ е в границите 0.6-0.75, докато при лятите стомани е 0.55-0.6. Колкото по-висока е стойността на R_m , толкова е по-висока и уморната якост на материала, както при хармонични, така и при ударно циклични натоварвания. На това се дължи и високата надеждност на сферографитния чугун, при различните условия на експлоатация.

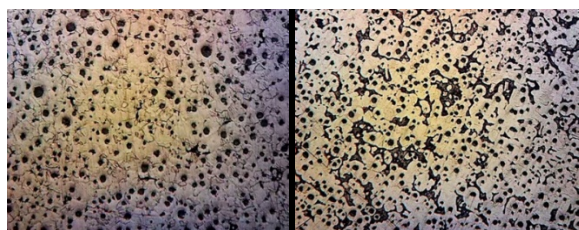
В табл. 1 са представени механичните показатели на най-често използваните в ЖП сектора сферографитни чугуни.

Таблица.1: Якостни характеристики на най-често използвани в ЖП-транспорта сферографитни чугуни, съгласно EN1563.2012.

Марка	R _m , MPa	R _p 0.2, MPa	A ₅ %	HB Kgf/mm ²
EN GJS 400-15	400	250	15	135-180
EN GJS 400-18	400	250	18	130-175
EN GJS 400-18 LT	400	240	18	130-175
EN GJS 500-7	500	320	7	170-230
EN GJS 600-3	600	370	3	190-270
EN GJS 700-2	700	420	2	225-305

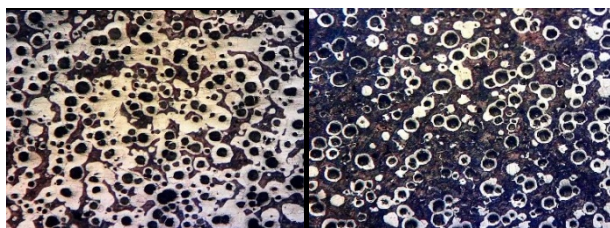
Основните предимства на ЧСГ в сравнение със стоманата се свеждат:

- по-ниска температура на леене и съответно намаляване (близо 2 пъти) на енергийните разходи за получаването му;
- много по-добри леярски свойства от тези на стоманите и по-ниски изисквания към леярската форма;
- ЧСГ имат по-ниска плътност 8 - 10%, спрямо стоманите и това позволява олекотяване на отливките от същия порядък;



EN GJS 400-18 LT

EN GJS 400-15



EN GJS 500-7

EN GJS 600-3

Фиг.1 Типични структури на марки ЧСГ използвани в ЖП-индустрията.

Високите якостни показатели на ЧСГ, пред другите чугуни, се дължат на благоприятната сфероидална форма на графита, получена в процеса на първичната кристализация на отливките. Тази форма осигурява по-малка гранична повърхност, сравнена с пластинчатата при сивия чугун при еднакъв обем и намалява фактора концентрация на напреженията. Сфероидизацията на графита се получава чрез

- по-ниското свиване на чугуна – (1,1 -1,2)%, спрямо (.8-2) % при стоманите, дава възможност на конструкторите да проектират отливки с по-малки прибавки за механообработка и съответно икономия на метал и намаляване на разходите за обработка;
- като важно предимство на ЧСГ е и повишената тънколивостта, която е почти два пъти по-голяма от тази на стоманата.

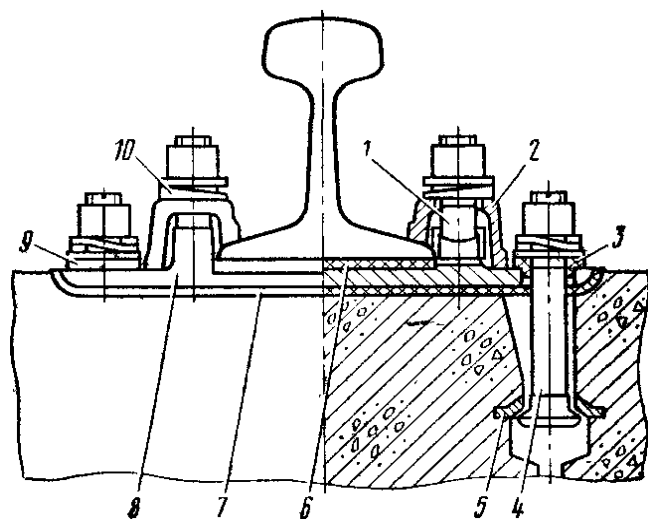
Най-общо отливките от ЧСГ, които се използват в ЖП индустрията могат да се систематизират в две основни направления:

- железопътна инфраструктура и железен път (Railway infrastructure and track);
- и подвижен състав (Railway rolling stock).

В първата група- Railway infrastructure and track попадат скрепления за монтаж на релсите към траверсите и отливки, които се използват за стрелките и механизмите за задвижването им, както и елементите за фиксиране на контактната мрежа.

Междинното релсово скрепление е най-важният елемент от горното строене на железния път. То си взаимодейства с подвижния състав и гарантира надеждността и в съществена степен определя стойността при изграждане, и разходите през периода на експлоатация. Съществува голямо многообразие от релсови скрепления и множество патенти. Но въпреки това многообразието от разновидности скрепленията могат да се систематизират и групират по няколко основни признака:

- Подложно скрепление (с използване на реброви подложки от стомана или чугун) или безподложно скрепление (с фиксиран чугунен анкер или с полимерна подложка с еластичен елемент).
- Според характеристиките на притискащия елемент (клема): твърди; еластични пластинчати; еластични пружинни.
- По типа на прикрепване към траверсата: болтови; анкерни; винтово-дюбелни.



Фиг.2 Релсово скрепление тип „К“.

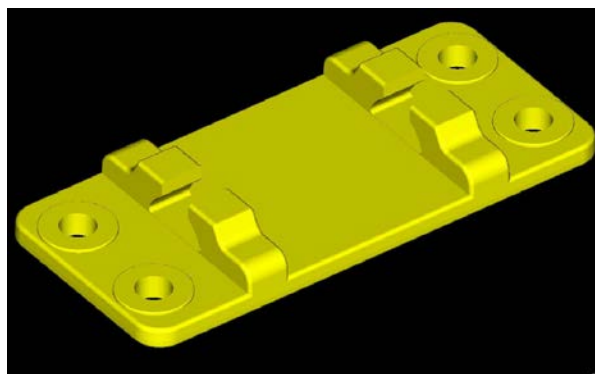
1. Клемен болт, 2. Клема, 3. Изолраща втулка, 4. Свързващ болт, 5. Шайба, 6. Подрелсово уплътнение, 7. Гумено уплътнение, 8. Чугунена подложка, 9. Плоска шайба, 10. Еластична шайба.

В Европа основно скрепленията са тип “К”, с корав или еластичен притискащ елемент, и се притягат към траверсите с анкерни болтове и тирфони, или безподложен еластичен тип [2]. До средата на 70-те години са използвани предимно стоманени реброви подложки, изработвани чрез валцоване. С усъвършенстването на леевската технология, в развитите страни, започва производството и експлоатацията на лятти реброви подложки от ЧСГ. В Германия Deutsche Bahn (DB) приема стандарт определящ изработката на подложките

от GJS 600-3, докато във Франция, Белгия и Холандия се налага GJS 500-7.

На фиг.2 е показана схема на релсово скрепление тип "К", за бетонови траверси. Закрепването на подложката се осъществява чрез два или четири болта, които са поставени в железобетонната траверса. Металната подложка 8 с два високи борда се поставя върху гумено уплътнение 7 и се прикрепва към траверсата чрез болтовете 4. Релсата е поставена върху подрелсово уплътнение 6 което изпълнява ролята и на амортизатор. Тя се прикрепя към подложката с твърдата клеми 2 чрез клеменни болтове 1. Под гайките се поставят плоска 9 и еластична шайби 10.

Основният елемент на скреплението е чугунената подложка. Тя поема натоварването от релсата и разпределя усилията върху траверсата и крепежните елементи. На фиг. 3 е показана най-често използвания вид подложка с четири отвора за фиксиране и хоризонтална подрелсова площадка. При изграждането на участъци със завои се използват наклонени подрелсови площадки със съотношения 1:20 и 1:40.



Фиг. 3 Лята чугунена подложка за скрепление "К"

Основните предимства на лятите подложки от ЧСГ, пред валцованите стоманени се състоят във факта, че след отливане и почистване на чугунената отливка е в завършен вид готова за употреба. Стоманените подложки се нарязват на определена широчина от валцования профил, след което се пробиват отвори за свързване на подложката към траверсата и се фрезова канал със сложна форма, за болта фиксиращ релсата с притискащ елемент. Именно необходимостта от допълнително механично обработване на стоманените подложки ги оскъпява, и прави предпочитани лятите от ЧСГ. От друга страна специфичните качества на ЧСГ дава и допълнителни предимства. В границите на един и същ интервал на якостта на опън, ЧСГ имат по-висока граница на провлачане. При стоманата якостта на натиск е практически равна с тази на опън, докато при сферографитния чугун якостта на натиск е почти двойно по-голяма от тази на опън. В условията на натискови напрежения на ребровите подложки, на които са подложени последните, ясно проличава предимството на чугуна. От съществено значение е и способността на ЧСГ да гаси вибрациите, възникващи в периода на експлоатация. Това е и причината чугунените реброви подложки да са предпочитани при реализацията на ЖП участъци в тунели, мостове и жилищни райони.

Скреплението "К" има и своите недостатъци. Предаването на страничните сили непосредствено на винтовете от подложката, която не е фиксирана в бетона, води до разбиване на дюбелите и механични повреди във винтовете. Широчината на междурелсието на правите участъци и особено в завоите е нестабилна. Подложките от гума не осигуряват необходимата еластичност и гасене на вибрациите. Голямото тегло и съчетанието му с големи разходи за текуща поддръжка водят до висока стойност на жизнения цикъл на скреплението.

С цел да избегне горепосочените проблеми английската фирма "Pandrol" създава анкерно скрепление - Фиг.4) с еластичен елемент, при който не е необходима метална реброва подложка под релсата.



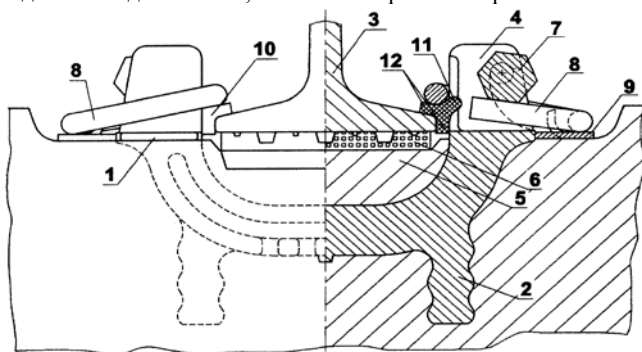
Фиг.4 Скрепление на фирма "Pandrol".

1. Еластична пружина, 2. Изолатор, 3. Анкер.

Фирмата избира сферографитен чугун марка GJS 500-7 за изработка на анкера. Анкерът 3 се бетонира в траверсата и е фиксиран неподвижно в нея. Усилието се поема от еластичния елемент 1, който е отделен с изолатор 2 от релсата. Голямото предимство на това скрепление пред подложните е липсата на резбови съединения и съответно отпадащата необходимост от периодична поддръжка с пристягане. Пружината е лесна за демонтаж и подмяна, включително чрез напълно автоматизирани машини. Като основен недостатък на това скрепление се изтъква разбиването и разхлабването на анкерите в натоварени участъци каквито са кривите с малък радиус (под 300м).

С цел отстраняване на недостатъците на разработката на фирма "Pandrol" в Руската федерация е създадена подобна анкерна конструкция на релсово скрепление APC -фиг.5 [3]. Тя е изпитана на лабораторното трасе на БНИИЖТ и се използва на много участъци от ЖП-мрежата в Русия. В конструкцията и влизат:

Анкер 1 и 2, стабилно бетонирани в траверсата 5, подложка 6 под релсата 3, две пружинни клеми 8, гумена подложка под клемата 9, ъглови електроизолатори 10.



Фиг. 5 Анкерно скрепление APC.

1. и 2. Анкер с гофрирани захващащи елементи, 3. Релса, 4. Скоба, 5. Бетонна траверса, 6.Подрелсово уплътнение, 7. Монорегулатор на напреженията, 8. Пружинна клемна, 9. Клемно плътнение, 10. Изолиращо уплътнение, 11. Държач, 12. Дистанционер

За разлика от класическия „Пандрол” и другите анкерни конструкции в които има два леки анкера на един възел, в APC се използва един голям анкер. Това решение

подобрява условията за взаимодействие на контакта бетон-анкери повишава надеждността на траверсата. От друга страна тежкия анкер от чугун GJS 500-7 увеличава теглото и стойността на конструкцията.

Положението на релсата във височина се регулира с ексцентричен монорегулатор 7. Въртейки го в едно от четирите възможни позиции, осигурява стандартното притискане на клемата в зависимост от износването на подложката и другите елементи на скреплението.

APC повишава надеждността и безопасността на железния път, осигурявайки много по-добро задържане на коловоза. В конструкцията на анкерното скрепление има по-малко детайли и поради тази причина на всеки километър от пътя се изразходват 15т. метал по-малко. APC позволява и по-добро регулиране на пътя във височина. Голям недостатък е стойността на скреплението. То е 10% по-скъпо от традиционните. От 2005 г. APC е сертифициран и включен в Регистъра на Федералния железопътен транспорт. Скреплението APC е препоръчано за изпълнението на високоскоростната магистрала Москва- Санкт Петербург[4].

През последното десетилетие в горното строене на железния път настъпва и нова тенденция на замяна на традиционните метални скрепления с полимерни с еластичен елемент. Основната характеристика на тези нови системи е ниската им цена и улеснен монтаж. Основните разработки принадлежат на фирма Vossloh. След изтичането на техния лиценз, придобиха популярност във всички национални ЖП мрежи. Естествено е процесът на подмяна да е продължителен и да се сблъска със същите трудности с каквито навлезе ЧГ в ЖП инфраструктурата на водещите европейски страни. Отсега е ясно, че чугунените реброви подложки ще бъдат основният елемент на железния път в кривите с малък радиус, където полимерите не издържат на натоварванията и показват много дефекти. Сигурността в ЖП системата е много по-важна от ниската цена. Подложните скрепления засега нямат алтернатива и при монтажа върху дървени траверси, които продължават да се използват във всички страни в Европа. При строителството на железния път все по-често навлизат траверси от пластмаса и рециклирани материали. Тези траверси също изискват използването на чугунени реброви подложки.

Заключение: Отливките от сферографитен чугун имат своето място в горното строене на железния път. Добрите им механични свойства и икономическите им предимства пред стоманените гарантират успешното им прилагане през следващото десетилетие. Конкуренцията от алтернативните материали и постоянният стремеж към иновации в ЖП бранша са стимул за лелярните да оптимизират технологията и производството си за да запазят и увеличат пазарния си дял.

Литература

- [1] Г.Рашев, В.Тодоров. Сферографитни чугуни- нови възможности. Unitech 08 Габрово.
- [2] ДП „НКЗИ”. Иструкция за устройство и поддръжане на горното строене на железния пъти железопътните стрелки.
- [3] РОАТ- Отчет на научно изследователска работа "Анализ на опита от експлоатацията на междинните релсови скрепления на пътищата на ОАО РЖД".
- [4] Стратегия инновационного развития ОАО "Российские железные дороги" на период до 2015 года (Белая книга ОАО "РЖД").