

# СИВИ ЧУГУНИ - ВЪЗХОД БЕЗ ПАДЕНИЕ РЕТРОСПЕКЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВИ

## CAST IRONS – RISE WITHOUT FALL RETROSPECTIVE AND PERSPECTIVES ЧУГУНЫ – ВОСХОД БЕЗ УПАДОК РЕТРОСПЕКЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

доц. д-р инж. Николов Г.<sup>1</sup>, доц. д-р инж. Рашев Г.<sup>2</sup>, ст.ас.инж. Георгиев Ц.<sup>3</sup>, инж. Тодоров В.<sup>4</sup>  
МТФ, РУ "А.Кънчев" – Русе<sup>1,3</sup>, ФМУ, ТУ – Габрово<sup>2,4</sup>, България  
E-mail: nikolov\_iron@abv.bg<sup>1</sup>, rashev@tugab.bg<sup>2</sup>, cid@abv.bg<sup>3</sup>, v\_p\_todorov@abv.bg<sup>4</sup>

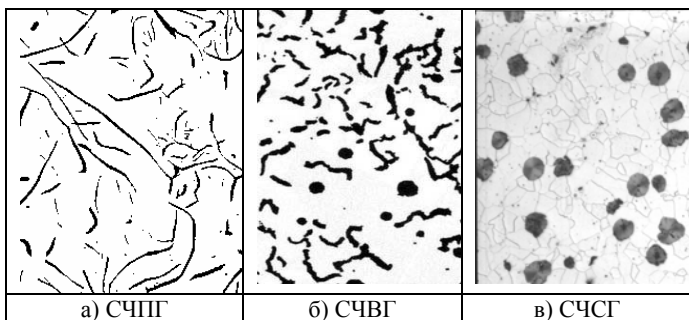
**Abstract:** The article presents an overview of the development of cast iron, the various types of cast irons, as well as some key moments that have marked a significant growth in their production. In addition to known facts, the paper discusses the properties of spheroidal graphite cast irons and the competitive advantages that an ISO certification may produce.

**KEYWORDS:** CAST IRON, SPHEROIDAL GRAPHITE IRON, ADI, CADI, BAINITE, ISO CERTIFICATES

### 1. Увод

Когато се говори за чугуните неволно се обръщаме в далечното минало където се губят следите на утвърждаването на тези група сплави на желязото с въглерода. В днешно време сме свидетели на висок интерес към приложението на чугуна.

Прието е чугуните да се класифицират според формата на графитните включения на чугуни с пластинчат (ламеларен) (GJL), вермикулярен (SGI/GJV) и със сфероидален графит (GJS). Техните механични характеристики са посочени съответно в EN 1561 / ISO 16112:2006 / EN 1563 и EN 1694. Типичните структури са показани на Фиг. 1. а, б и в.



Фиг. 1 Видове сиви чугуни според формата на графитните включения

До средата на миналия век в световната практика се използва изключително сив чугун с пластинчатата форма на графита (СЧПГ). В практиката са известни множество разнообразни технологии за въздействие върху структурата на металната основа и графита. Така се възникват термините: чугуни с ниска, средна и висока якост. Последните се наричат още модифицирани чугуни с пластинчат графит (МСЧГ). Тази представа за чугуните да се променя през 1947 година когато се открива сфероидизиращото действие на церия. Тази година се явява кръгла годишнина (60г.) от първото им промишлено приложение. През 1949г. е открито сфероидизиращото действие и на магнезия. Следват години на интензивна научно-изследователска и приложна дейност, което води до интензивното внедряване на тази разновидност на чугуните.

Дълго време изследователи и производители приемат появата в структурата на несфероидална компактна форма на графита за неуспех на технологията за получаване на сфероидална. На тези несферични графитни включения се дават множество наименования. В края на миналия век се утвърждава наименованието графит с вермикулярна форма и днес тази разновидност на сивия чугун с името СЧВГ / CGI се радва на нарастващо производство и потребление. Чугуните с вермикулярен графит могат да заместят МСЧГ. Те се характеризират с компактност и равномерно разпределение на

графита и устойчиви на термо-циклични натоварвания. По механични характеристики те заемат междинно положение спрямо чугуните с пластинчатата и сфероидална форма на графита.

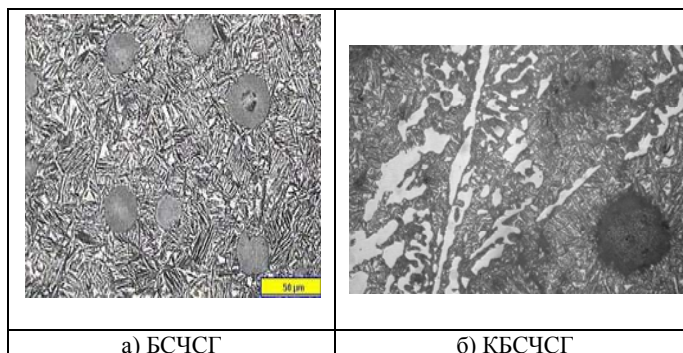
Предимства спрямо СЧПГ са: по-висока якост на опън, по-висока ударна жилавост и наличие на относително удължение.

В сравнение със СЧСГ те са по-устойчиви на термични натоварвания и по-топлопроводни; притежават по-добра демпфираща способност, тънколивкост и формозапълняемост, по-малък модул на еластичност, по-малък коефициент на линейно разширение.

### 2. Резултати и дискусия

Преди 36 години в практиката е внедрен изотермично закален чугун със сфероидален графит (БСЧСГ / ADI). Това води до достигане на стойности на Rm, които превъзхождат по-голяма част от представителите на нисковъглеродната група от сплавите на желязото.

В края на 80-те години до средата на 90-те години в световната практика се утвърждава една нова разновидност на изотермично закалените чугуни със сфероидална форма на графита, които притежават много по-добра устойчивост срещу абразивно износване поради наличието на първични карбиди (КБСЧСГ / CADI). В момента производството на отливки от КБСЧСГ се налага в световната практика. На Фиг.2 са показани структурите на бейнитни (изотермично закалени) структури на СЧСГ без и с първични карбиди.



Фиг.2 Изотермично закалени чугуни без (а) и с първични карбиди (б)

В България първите опити за получаване на отливки от СЧСГ се правят във втората половина на 50-те години на миналия век. От средата на 70-те години се налага редовно производство (Завод за високоякостни чугуни „Осъм”, Ловеч). От края на 70-те години се правят пробни отливки от СЧВГ, а редовно производство от началото на 90-те години.

За да се добие представа за развитието на производството на отливки следва да се разгледат два периода от последните 60 години, които се отличават с висок темп на нарастване. Първият период обхваща 1966-1972г. (Табл.1)<sup>1</sup>, а вторият- 1995-2003г.

Табл.1. Темпове на развитие 1966-1972г.

Година	СЧПГ	СЧСГ	Стомана	Общо
<b>САЩ</b>				
1966-1969	+3	+64	-12	+10
1966-1972	+59	+134	-25	+25
<b>Западна Европа</b>				
1966-1969	+6	+88	+17	+11
1966-1972	-7	+157	+6	+1

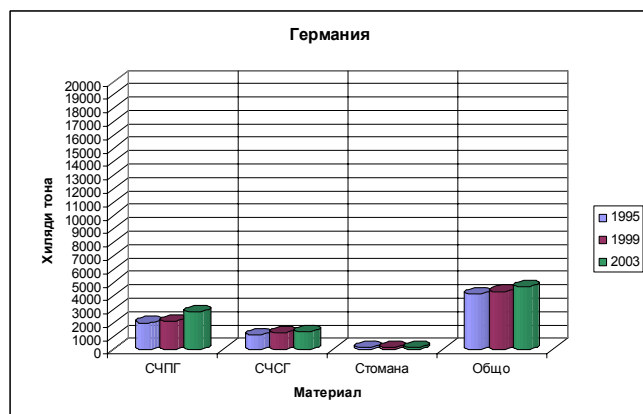
Видно е, че СЧСГ в този период е получил съществено изменение на потреблението както в Западна Европа (157%), така и в САЩ (134%).

Вторият период (Табл.2)<sup>2</sup> отразява изменението на производството в проценти при база 1995г. Графиките на Фиг.3. а, б и в отразяват неговото количествено изменение (в хиляди тона).

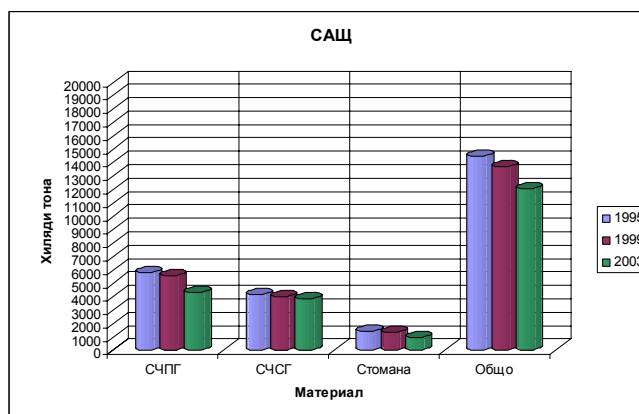
Табл.2 Темпове на развитие 1995-2003г.

Година	СЧПГ	СЧСГ	Стомана	Общо
<b>САЩ</b>				
1995-1999	-4	-3	-4	-5
1995-2003	-25	-7	-33	-16
<b>Китай</b>				
1995-1999	+9	+25	+5	+12
1995-2003	+47	+121	+37	+60
<b>Германия</b>				
1995-1999	+7	+10	+5	+4
1995-2003	+15	+22	+11	+13

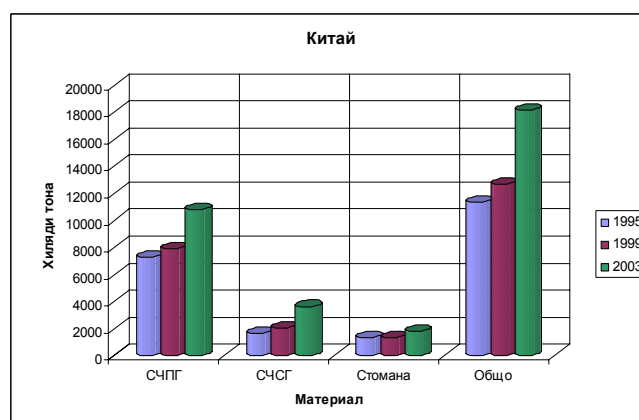
Това развитие не е довело до значимо увеличение на общото количество на отливките с изключение на производството в Китай за периода 2000-2003г. С изключение на посочения случай това е ставало за сметка на преразпределяне на дела на отливките от различните сплави на желязото и между страните производители.



Фиг. 3.а) Производство в Германия 1995-2003г



Фиг. 3.б) Производство в САЩ 1995-2003г



Фиг. 3.в) Производство в Китай 1995-2003г

При анализа на показаните графики могат да се установят две отчетливи зависимости:

- количествата, произвеждани в Китай надвишават многократно тези на лидерите в Европа (Германия) и Северна Америка (САЩ);
- най-съществен ръст на производството се наблюдава в Китай (до 121%). Увеличението за Германия е до 22% в рамките на посочения период. Интересно е да се отбележи, че в САЩ произвежданите количества намаляват монотонно във всички посочени категории.

Трябва да се посочи, че в анализа не са включени отливките от СЧВГ поради липсата на достатъчна информация в световен мащаб.

Всичко казано дотук доказва тенденцията за изнасяне на производството от традиционни световни лидери към страни с разрастваща се икономика. Основна причина е намалената себестойност на продукцията в резултат на по-евтината работна ръка. Би било погрешно да се твърди, че пренасочването на производството към Китай ще доведе до пониско качество. По данни на Международната Организация по Стандартизация (ISO) броят издадени сертификати за системи за управление на качеството, системи за управление на околната среда и управление на качеството в автомобилната промишленост Китай бележи най-голям напредък като дори е на първо място в света по брой сертификати по ISO 9001:2000 (Табл.3)<sup>3,4</sup>. Несъмнено мащабът на Китай като население и ресурси може да се използва за обяснение на тези тенденции, но е извън всякакво съмнение, че системният подход към управлението на процесите в организациите може да донесе само ползи.

Табл.3 Брой издадени сертификати от ISO

ISO 9001:2000			
	2003г.	2005г.	23.5.2008г.
САЩ	30 294	44 270	-
България	842	2 220	4 063 (396*)
Германия	23 598	39 816	-
Китай	96 715	143 823	-
ISO 14001:2000			
	2003г.	2005г.	17.5.2008г.
САЩ	3 553	5 061	-
България	17	49	185 (16*)
Германия	4 144	4 440	-
Китай	5 064	12 683	-
ISO/TS 16949:2002			
	2003г.	2005г.	23.5.2008г.
САЩ	3 693	3 693	-
България	2	4	10
Германия	1 043	2 115	-
Китай	459	2 151	-

Производството на различните видове чугуни спада към икономическия сектор „Основни метали и произведени метални продукти”\*. Той е на първо място в света по брой издадени сертификати по ISO 9001:2000 и на трето място по ISO 14001:2000. В България се наблюдава изоставане по тези показатели (респективно ~9,7%, т.е. IV място и ~ 8,6% т.е. V място). В посочения сектор е сложно да се съизмерваме с водещи световните и европейски производители по количество на произведената продукция, но би било фатално, ако не се предприемат стъпки да се подобри качеството на металите и отливките.

От инженерна гледна точка причините за показания по-горе характер на изменение на производството на отливки от сиви чугуни се дължи на:

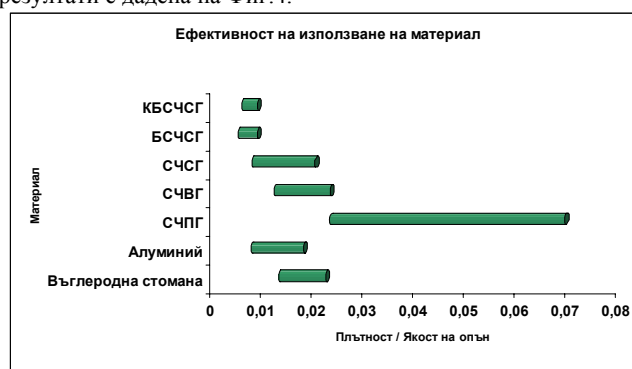
- краткия път от рудата до чугуна;
- това, че процесът на приготвянето на течна сплав за леярски нужди е икономически най-изгоден от всички сплави на желязото;
- запълването на леярските форми от чугун с пластинчат графит се приема като еталон за сравнение за сплавите на желязото;
- някои от експлоатационните характеристики на тези сплави са недостижими от другите видове сплави – гасене на вибрации, термоциклична устойчивост;
- широк диапазон от якостни характеристики (Rm 100—1600 MPa).

Разходите на енергия по приготвянето на стопилка за един тон отливка от стомана са 3100 kW/h, при 1500-1700 kW/h за отливки от чугун с различна форма на графита. Широкият диапазон от якостни характеристики е безспорно фаворизиращият фактор, определящ приложимостта на чугуните (Табл.4).

Табл.4 Механични свойства на някои материали

Материал	Rm [MPa]	A [%]	HB
СЧПГ / GJL	100 - 350	-	160 - 260
СЧВГ / GJV (CGI)	300 - 575	5 - 0,5	150 - 250
СЧСГ / GJS	350 - 900	22 - 2	130 - 220
Бейнитен СЧСГ / GJS	800 - 1400	8 - 1	260 - 480
Бейнитен ЧСГ с карбиди / GJS	800 - 1200	4 - 1	HRC 30 - 65
Ковък белосърдечен и черносърдечен / GJM (W и B)	270 - 800	16 - 1	~150 - 320
Лята стомана средно и високовъглеродна	350 - 600	25 - 10	200 - 310

Интерес може да представлява сравнението между някои материали по отношение на тяхната ефективност на използване на материал (специфичен разход на маса за единица якост на опън). Графична интерпретация на получените резултати е дадена на Фиг.4.



Фиг.4 Съотношения между плътността и якостта на опън

От показаното ясно се вижда, че използването на чугуни с високи якостни показатели води до намаляването на разхода на метал. Това води до намаляване на масата на произвежданите продукти при запазване на експлоатационните им характеристики.

### 3. Заключение

Много добрите технологични и експлоатационни свойства на чугуните са достатъчен атестат за възхода в прилагането им в световната практика. В заключение могат да се направят следните изводи:

1. От средата на миналия век до момента производството на отливки от сиви чугуни се е развивало в посока на нарастване на дела им спрямо общия обем на отливките;
2. Наложили са се четири нови модификации сив чугун: СЧСГ, СЧВГ, БСЧСГ и КБСЧСГ;
3. В близко бъдеще (първата четвърт на ХХІв.) следва да се очаква увеличаване на производството на отливки от СЧВГ, БСЧСГ и КБСЧСГ. Това вероятно ще е за сметка на преразпределение между дяловете на отливките от сплавите на желязото.
4. Пазарният дял на конкретните производители ще се определя както от свойствата на материалите, така и от цялостното качество на процесите и продуктите.

### 4. Литература:

1. Николов, Г., „Всмукнатини в отливките със сфероидален графит и възможности за намаляването им”, Русе, 1981г., стр.2
2. Леярски бюлетин, бр.3, 2002г, стр.11
3. Леярски бюлетин, бр.3, 2005г, стр.15
4. <http://www.iso.org/iso/pressrelease.htm?refid=Ref864>
5. [www.club9000.org](http://www.club9000.org)