

ТВЪРДОСТ НА ХРОМОВИ БЕЛИ ЧУГУНИ ДОПЪЛНИТЕЛНО ЛЕГИРАНИ С ТИТАН ИЛИ МЕД

HARDNESS OF WHITE CROMIUM CAST IRONS ALLOYED ADDITIONALLY WITH TITANIUM OR COPPER

ТВЕРДОСТЬ ХРОМОВЫХ БЕЛЫХ ЧУГУНОВ, ДОПОЛНИТЕЛЬНО ЛЕГИРОВАННЫХ ТИТАНОМ ИЛИ МЕДЬЮ

ст.н.с. д-р инж. Иванова Р., инж. Димитров Хр.
Технически университет, Варна, България

Abstract: The paper deals with the presentation of results obtained from a research on two series of white high-chrome cast irons additional alloyed with 0% - 1.15% Ti or 0% - 0.91% Cu. The specimens of any investigated series are received in three kind materials of cast moulds— dry sand, wet sand and metallic. The dimensions of the used specimens are 10x10x55mm and Ø 30x300mm. The probes are test in as-cast state without additional mechanical and heat treatment. The results show that additional alloying with titanium and copper increases the hardness as a rule. The biggest effect of alloying is at 0.71 % Ti and 0.91 % Cu. The influence of cast mould material changing and cross-section probe changing on the hardness is bigger than the effect of the additional alloying with titanium and copper. Specimens receiving in metallic cast mould obtain majority values of hardness.

KEYWORDS: WHITE CAST IRON, ALLOYING, MOULD MATERIAL, HARDNESS

1. Увод

Високохромовите бели чугуни /ВХБЧ/, както всички известни бели чугуни, са материали, намиращи приложение в практиката благодарение, преди всичко, на високата си износоустойчивост. Високата им износоустойчивост, като правило, се дължи на значителната им твърдост. Поради високата твърдост на този материал в технологичния цикъл на изработването от него детайли обикновено не се включват операции свързани с механична обработка. Това обстоятелство се явява една съществена пречка за разширяване приложението на ВХБЧ. Практически те успешно могат да бъдат използвани и при редица други производствени условия. Поради високите изисквания обаче към геометричната точност и грапавостта на редица повърхнини от детайлите, които могат да бъдат удовлетворени само посредством механична обработка, това приложение не се осъществява. Естествен е стремежът за търсене на пътища за създаването на такива ВХБЧ, които да притежават както достатъчна износоустойчивост, респективно твърдост, така също и подходяща обработваемост посредством стужкоотнемане. Подобен комплекс от свойства преимуществено може да бъде придобит чрез изменение на фазовия състав и структурното състояние на чугуните, което може да се осъществи посредством прилагането на различни средства. Едни от ефективните и достъпни методи, чрез които може да се постигне подобна промяна, са: изменение на химическия състав чрез допълнително легиране и изменение на скоростта на охлаждане по време на кристализацията. Естествено, първата стъпка в случая е да се установи в каква посока и в каква степен може да се промени твърдостта. Изхождайки от това авторите на настоящата работа са си поста-

вили за цел да изследват комплексното влияние на едновременно въдействието на допълнителното легиране с химически елементи като титан или мед и на скоростта на охлаждане, изменяна чрез промяна на материала на леейрската форма, върху твърдостта на ВХБЧ.

2. Методика на изследване

За целите на изследването са получени серии пробни тела, при които концентрацията на хром и на основните за чугуните химически елементи – С, Si, P, S, е поддържана приблизително еднаква, а е променяно само съдържанието на допълнителния легиращ елемент. Химическият състав на получените сплави е показан в таблица 1. Като изходни материали са използвани: мартенов чугун марка М2, отпадъци от стомана марка 20, ферохром марки ФХ200 и ФХ800, феромолибден марка Мо2, феротитан и електролитна мед. Течният метал е получаван в индукционна пещ ПИ 600. Температурата на прегряване е поддържана в границите от 1500°C до 1550°C, а на заливане – от 1400°C до 1450°C. Измервана е с термодвойка Pt– Ro / Pt–Ro 30–6. За целите на работата в сухи пясъчни, влажни пясъчни и метални форми са отливани образци с размери: 10x10x55 mm и Ø30x300 mm. Те са изпитвани в лято състояние без механична и термична обработка. Изпитванията на твърдост са проведени с комбиниран уред Бринел–Роквел. Данните за всяка сплав и за всеки вид материал на леейрската форма са от 6–8 измервания. Посочените на фигурите стойности за всеки конкретен изследван случай отразяват интервала на изменение на твърдостта.

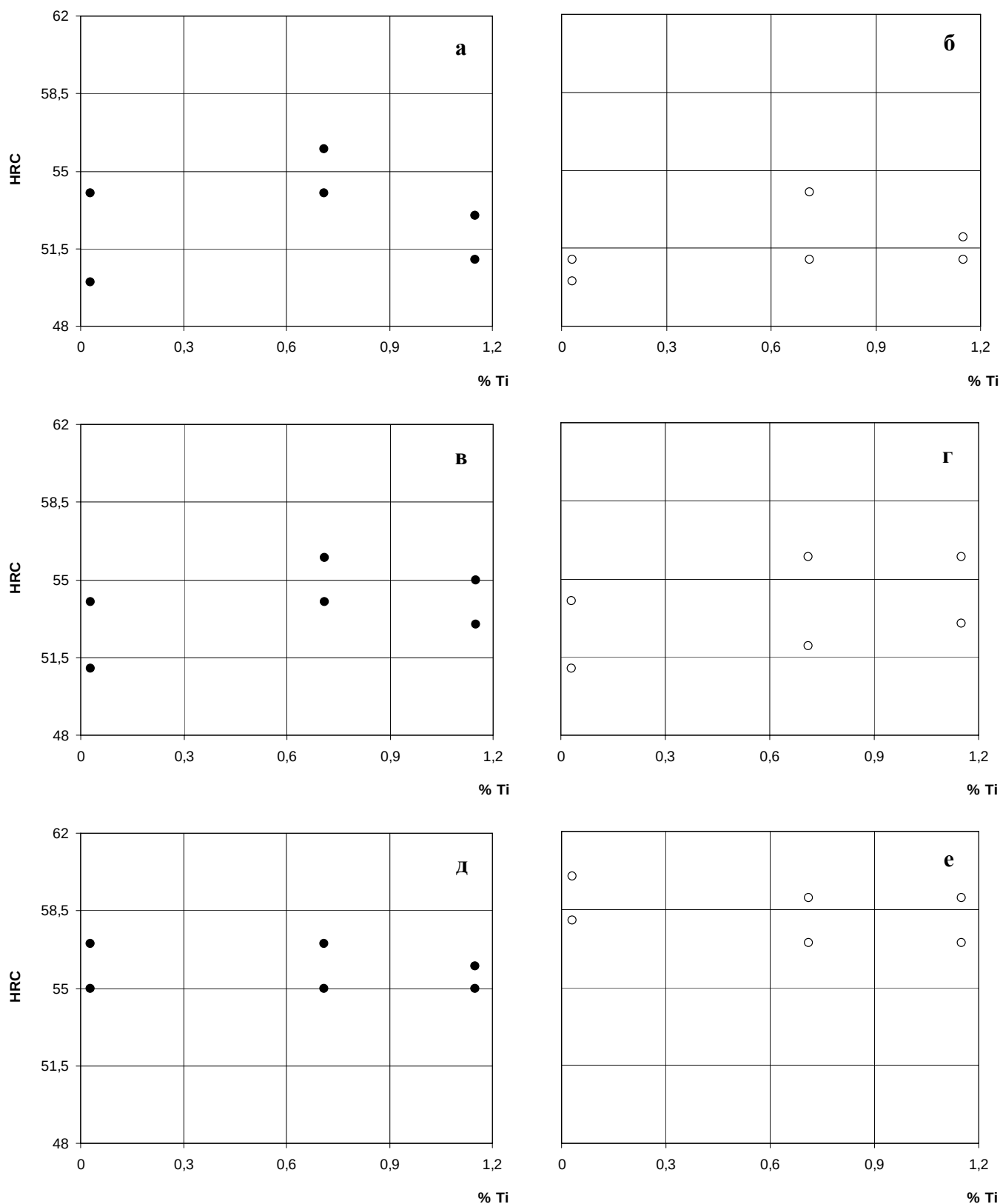
Таблица 1 Химически състав на изследваните ВХБЧ

Сплав №	Химически състав, % тегл.								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ti	Cu
1	3.45	0.61	0.54	0.011	0.015	17.20	0.01	0.02	0.03
2	3.63	0.56	0.52	0.014	0.019	17.10	0.06	0.71	0.03
3	3.54	0.57	0.52	0.017	0.018	17.20	0.06	1.15	0.03
4	3.44	0.61	0.52	0.014	0.019	17.00	0.06	0.09	0.51
5	3.56	0.56	0.50	0.016	0.015	17.30	0.06	0.04	0.91

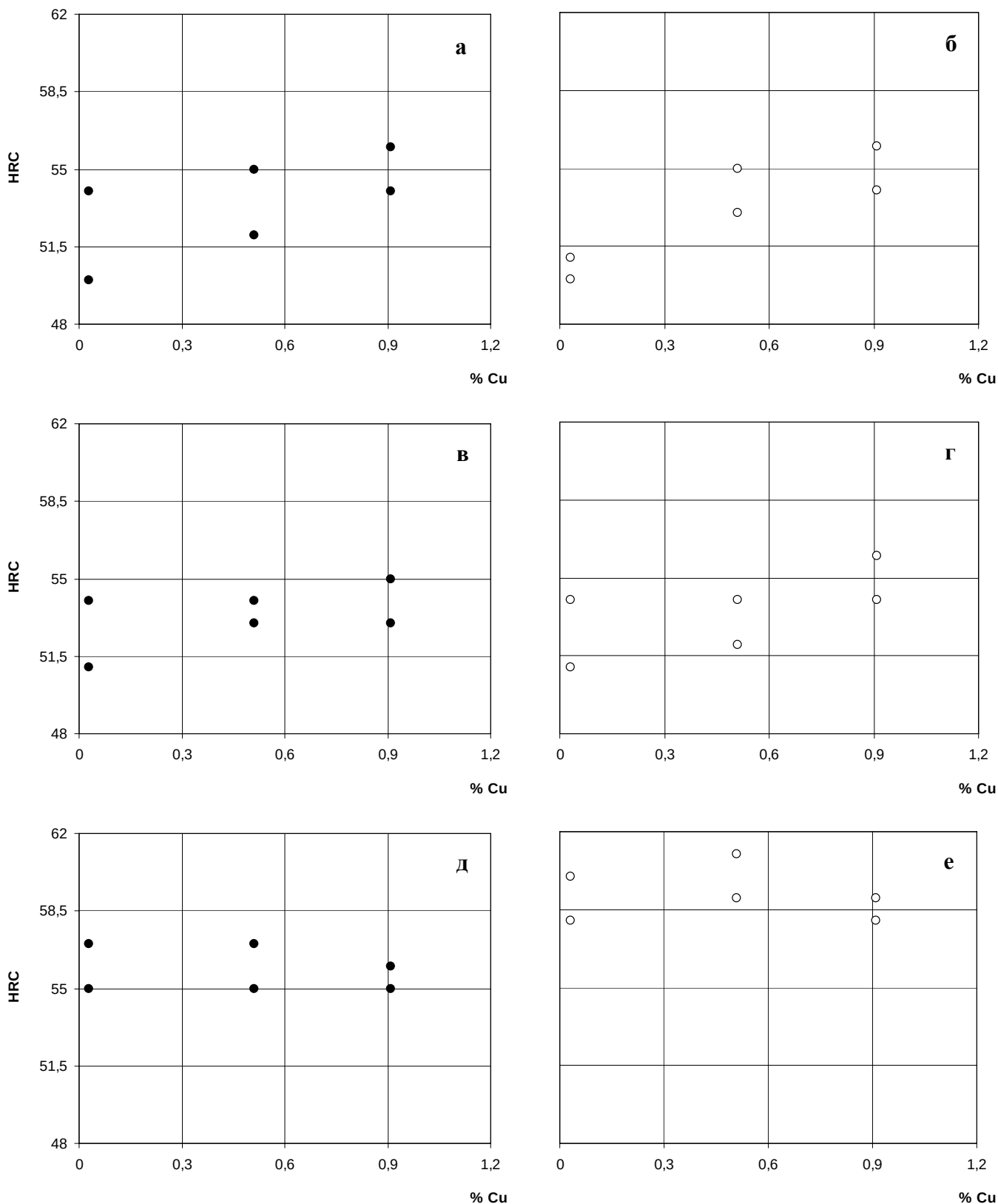
3. Резултати и анализ

Получените при изследванията резултати за влиянието на допълнителното легиране с титан или с мед са показани съответно на фигура 1 и на фигура 2. Данните за образците със сечение 10 x 10 mm (фигури 1 а, в, д) показват, че, като правило, независимо от това какъв е видът на материала на леярската форма, увеличаването *съдържанието на титан* до 0.71% води

до нарастване на стойностите на твърдостта, а когато допълнителното легиране достигне до 1.15% се констатира известен спад. Най-същественото увеличаване на твърдостта при 0.71% Ti се наблюдава в случая на използване на сухи пясъчни леярски форми. Увеличаването на скоростта на охлаждане на сплавта под влияние на изменението на охлаждащата способност на материала на леярската форма, преминавайки от сухи към влажни леярски форми не води до съществено изменение в по-



Фигура 1. Твърдост на допълнително легирани с титан ВБХЧ получени в сухи пясъчни (а,б), влажни пясъчни (в,г) и метални (д,е) леярски форми: образци 10 x 10 mm (а, в, д) и Ø 30 mm (б, г, е).



Фигура 2. Твърдост на допълнително легирани с мед ВБХЧ получени в сухи пясъчни (а,б), влажни пясъчни (в,г) и метални (д,е) леярски форми: образци 10 x 10 mm (а, в, д) и Ø 30 mm (б, г, е).

казанията за твърдостта. При използването на метални форми ефектът от допълнителното легиране с титан се проявява когато съдържанието му достигне 1.15 %. Сравняването на данните за всички изследвани случаи показва, че сплавите получавани в метални леярски форми са с най-висока стойност на твърдостта. Характерът на изменение на твърдостта при пробните тела със сечение Ø 30 mm получени в сухи пясъчни форми е аналогичен с този на образците със сечение 10x10 mm

(фигури 1 а, б), но при значително по-ниски стойности. При влажните леярски форми резултатите за двете групи сечения са приблизително еднакви (фигури 1 в, г), но интервалите, в които стойностите им варират, относително са по-големи при по-голямото сечение. При металните форми (фигури 1 д, е) определената твърдост на пробите Ø 30 mm превъзхожда тази на пробите 10 x 10 mm. Нарастването на твърдостта с изменение вида на материала на леярската форма в посока, обез-

печаваща увеличаване скоростта на охлаждане, по-силно се проявява при пробните тела, имащи сечение с размер $\varnothing 30$ mm (фигури 1 б, г, е). При пробните тела със сечение 10×10 mm (фигури 2 а, в, д) получени от ВХБЧ допълнително легирани с мед изменението на твърдостта под влияние увеличаването на съдържанието $\dot{u}$ е в посока на нарастване, като правило, ако и това нарастване да не е особено голямо. Този ефект се проявява най-ясно при пробните тела получени в сухи пясъчни форми, в по-слаба степен при влажните пясъчни форми и най-незначително при металните леярски форми. Нещо повече при последните, при съдържание на 0.91% Cu – най-високата изследвана концентрация мед, се установява намаление на твърдостта и стесняване на интервала, в който се разполагат стойностите $\dot{u}$. Установеният характер на изменение на твърдостта при пробните тела със сечение $\varnothing 30$ mm (фигури 2 б, г, е) е аналогичен на този при сечение 10×10 mm. И в този случай определените стойности на твърдостта на пробите получени в метални леярски форми са най-високи от всички измерени. При тази група пробни тела при съдържание 0.91% Cu също се регистрира определено намаление на твърдостта (фигура 2 е). При сухите пясъчни леярски форми увеличаването на съдържанието на мед се съпровожда от нарастване на твърдостта (фигура 2 б, г).

Анализът на получените при изследването резултати показва, че прилагането на метални леярски форми вместо пясъчни леярски форми, един очакван резултат, се явява едно ефикасно средство за постигане на увеличаване на твърдостта. Този ефект много по-добре се проявява при пробните тела с по-голямо сечение, т.е. при пробните тела, при които, предвид размера на сечението, скоростта на охлаждане при другите изследвани случаи е относително по-малка. Изменение на твърдостта в посока на увеличението $\dot{u}$, макар и в не толкова голяма степен, се постига и при прилагането на влажни пясъчни вместо сухи пясъчни леярски форми. Повишаването на концентрацията на титан в сплавта в интервала 0 – 0.71% Ti, независимо от вида на материала на леярската форма и от размера на сечението на отливката, също се съпровожда от известен ръст в показанията на твърдостта. При по-нататъшното увеличение на този легиращ елемент обаче не само не се констатира нарастване, а дори се установява известно намаление на твърдостта. Характерът на изменение на твърдостта вследствие допълнително легиране с мед, за изследваните концентрационни интервали, в определена степен е аналогичен на този при допълнително легиране с титан. Сравняването на данните от изпитванията показва, че степента на влияние на всеки един от тези допълнително внесени в сплавите елементи има нееднопосочно проявление. Тя зависи преди всичко от размера на дебелината на стената на отливката и от това какъв вид е пясъчната леярска форма, т.е. зависи от това влиянието на кой от изследваните фактори доминира: дали това е влиянието на самия легиращ елемент или е влиянието на факторите, които определят скоростта на охлаждане. При металните леярски форми степента на влияние от допълнителното легиране е относително по-малко, поради доминиращото влияние на високата скорост на охлаждане, която те осигуряват. Едва при достигането на най-високите изследвани стойности на допълнително легиране – 1.15% Ti и 0.91% Cu – се постига известно самостоятелно проявление на влиянието на тези химически елементи. То се констатира както при пробите 10×10 mm, така и при пробите $\varnothing 30$ mm.

Определен интерес представлява сравняването на получените данни за твърдостта на изследваните допълнително легирани с титан или мед ВХБЧ с данните установени при изследване на ударната жилавост III и на якостта на огъване I2I на същите тези сплави. Видно е, че, като правило, характерът на изменение и на трите определени и изучавани свойства е аналогичен. Това се отнася както за влиянието на допълнителното легиране с титан или мед, така и за влиянието на вида на материала на леярската форма. От получените резултати най-силно впечатление прави обстоятелството, че максимумът в механичните свойства, проявяващ се при допълнителното легиране на ВХБЧ

с около 0.071% Ti и с около 0.91% Cu, за повечето от изследваните условия, се съпровожда от максимум и на твърдостта. Едновременноното повишаване на стойностите на изследвания комплекс от свойства при определените концентрации на допълнително внесените легиращи елементи представлява определен интерес не само от научна, но и от гледна точка на приложението на сплавите в практиката.

И в този случай, както се предполага и в I1,2I, получените резултати подсказват, че под влияние на допълнителното легиране и на изменящата се скорост на охлаждане на отливките, независимо от това дали тя е породена от изменението на материала на леярската форма или от променения мащабен фактор, в структурата на ВХБЧ настъпват определени изменения. Получените резултати могат да бъдат обяснени само, ако микроструктурните промени на сплавите се изразяват не само в изменение в дисперсността на наличните фази, но и в техния качествен и количествен състав. Ето защо, за да се състави едно окончателно цялостно становище относно факторите, чието влияние предопределя получените резултати, е наложително да една следваща фаза от изучаването на сплавите да се изследва и структурното им състояние.

4. Заключение

От проведените изследвания за определяне твърдостта на допълнително легирани с титан и мед високохромови бели чугуни, получавани в леярски форми изработвани от различни материали, могат да бъдат направени следните по-важни изводи:

- Ефективността от влиянието на въвеждането на допълнителния легиращ елемент върху твърдостта при изследваната група условия на изработване на пробите зависи не толкова от природата на самия химически елемент, колкото от вида на материала на използваната леярска форма, респективно от скоростта на охлаждане, която той осигурява.
- За изследваните случаи ефектът от изменени на скоростта на охлаждане под влияние на променения материал на леярската форма се проявява в най-висока степен при отливките с по-голяма дебелина на стената.
- При легираните с титан сплави за изследвания концентрационен интервал стойностите за твърдостта преминават през максимум при 0.71%.
- Увеличаването на съдържанието на мед в сплавта е свързано с увеличаване на твърдостта на пробите при пясъчните леярски форми и развитието на максимум при 0.51% Cu при металните.
- При отливките получавани в пясъчни леярски форми достатъчен ефект върху повишаване на твърдостта се постига посредством легиране с 0.71% Ti или с 0.91% Cu.
- При пробите получавани в метални леярски форми ефект от допълнителното легиране с титан или мед върху нарастването на твърдостта почти отсъства. Ето защо при получаването на отливки при условия аналогични на изследваните не се препоръчва те да се включват в химическия състав на сплавите.
- Важен за практиката е установеният максимум в показанията за твърдостта, ударната жилавост и якостта на огъване на изследваните сплави, проявяващ се при едни и същи концентрации на легиране с титан или мед.

Литература

1. Хр.Димитров, Р.Иванова, Ударна жилавост на хромови бели чугуни допълнително легирани с молибден, титан и мед International Industrial Conference "Machines, Technologies, materials – innovations for the industry", 27.03.2006, Sofia, p. 32-35.
2. Хр.Димитров, Р.Иванова, Якост на огъване на ВХБЧ допълнително легирани с титан и мед, VII МНТК "Напредничави производствени операции", 17 – 19.09.2006, Созопол, с. 152 – 15