



Comparative Physical-Mechanical Researches of Pipe from Nitrogen and Nitrogen Free Steels Produced by the Centrifugal Metalcast Method

Christo ARGIROV, Ivan GEORGIEV, Yavor LUKARSKI

Institute for Metal Science, Equipment and Technology
with Hydro and Aerodynamic Centre “Acad. A. Balevski”,
Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria
Phone: +352 02 46 26 212;

e-mail: h.argirov@ims.bas.bg, ivan_georgiev@abv.bg, lukarski@ims.bas.bg

Abstract

Pipes of 40Cr25Ni20Si2, 30Cr24Ni24Si2Nb steels and 20Cr25Ni10Si2N nitrogen steel are produced by the centrifugal metal cast method. Comparative investigation of the mechanical properties of the steels is carried out. The basic mechanical characteristics $R_{0,2}$, R_m and A_5 are determined at temperatures 20°C, 550°C, 950°C. It is established that the limit strength characteristics of the nitrogen steel are higher at 20°C and comparatively equally at 550°C and 950°C. The dependence of the strength characteristics of the nitrogen steel of nitrogen concentration and nickel concentration is investigated. It is established that at the high temperatures with increase of the nitrogen and nickel concentration considerably raise the strength parameters. Special strong jump-figurative change it is observed of $R_{0,2}$ and R_m at temperature 950°C for steels with concentration of 0,30 % nitrogen and 14 % nickel.

Keywords: Centrifugal metalcast method, nitrogen stainless steels, physical-mechanical investigations

Сравнителни физико-механични изследвания на тръбни заготовки от азотни и безазотни стомани, произведени чрез метода на центробежното металолеење

Христо АРГИРОВ, Иван ГЕОРГИЕВ, Явор ЛУКАРСКИ

1. Въведение

Високоазотните стомани са клас стомани, продукт на металургията под налягане. Характеризират се със съдържание на азот по-високо от азота, който може да се разтвори при съответния химичен състав, температура и атмосферно налягане. По тази причина този клас стомани се получават в металургични инсталации, в които процесите на топене и кристализация се извършват в азотна атмосфера при налягания, значително превишаващи парциалното налягане на азота в атмосферния въздух. Тези методи осигуряват обемно насищане на стоманите с азот, като в зависимост от марката позволяват да се достигат всички желани за стоманодобиването концентрации на азота. По този начин се заменят скъпи легиращи елементи и се получават стомани с подобрени или нови служебни свойства. Легирането с азот се осъществява чрез твърди азотирани феросплави (твърди азотоносители). Така се разширяват възможностите за легиране с високи концентрации азот и се получават хомогенни и плътни блокове. В ИМСТЦХ „Акад. А. Балеvски“, Научна секция 2 „Технологии и съоръжения за специални стомани и сплави“ в резултат на термодинамични, кинетични и технологични изследвания са разработени оригинални инструментални, неръждаеми, конструкционни и други класове азотни и високоазотни стомани, защитени с авторски свидетелства (патенти) в Р.

България и в чужбина. Секцията разполага с експериментална инсталация за производство на азотни и високоазотни стомани, която като инсталация на металургията под налягане позволява производството на легирани с азот стомани [1].

Металургията под налягане е класическият метод за производство на азотни и високоазотни стомани. Интерес представлява центробежното металолеене като алтернативен метод за получаване на азотни стомани. Същността на метода центробежно металолеене се състои в това, че запълването на формата и кристализирането на отливката се осъществява под действието на центробежни сили. В зависимост от разположението на оста на въртене в пространството, центробежното леене се извършва с хоризонтална, вертикална и наклонена ос на въртене. При заливане на метал в цилиндрична форма, с хоризонтална ос на въртене, налетият метал във формата се изтласква към стените ѝ и започва да се върти заедно с формата. Въртейки се постепенно кристализира и придобива цилиндрична форма. Силите, притискащи метала в процеса на заливане към стените на формата, се наричат центробежни. Те винаги са насочени по радиус, от центъра към периферията. Честотата на въртене на формата зависи от плътността на заливания метал и радиуса на свободната повърхност на отливката. Физико-механичните свойства на отливките получени при центробежно леене са сравнително по-високи от тези на отливките, получени по стационарните методи. Това се обяснява с характерните особености на процеса, осигуряващи винаги насочена кристализация, при непрекъснатото действие на центробежните сили.

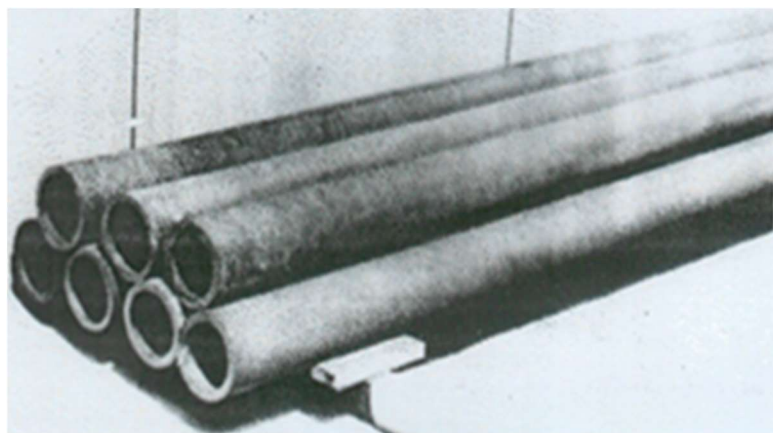
В химическата и металургична промишлености се използват детайли, възли и съоръжения, осигуряващи нормална работа при тежките условия на експлоатация-висока температура, налягане и товароносимост. Това налага използването на сплави с определен химичен състав, които да издържат на агресивни работни среди в условията на високи температури и налягания. Процесите в такова оборудване протичат при високи температури от 750°C до 1150°C при налягане на работната среда 4МРа, в условията на агресивна среда. Максималната проектна якост на използваните стомани при продължителна работа при високи температури е ограничена от напрежението, което предизвиква разрушаване след определено време на експлоатация. Такива сплави са със съдържание на хром от 20-30% и никел от 20-48%, като свойствата им се определят от комбинирания ефект на всички легиращи елементи: хромът подобрява твърдостта, устойчивостта на корозия и навъглеродяването (цементация); никелът спомага металургичната стабилност, подобрява пластичността при стайна температура и устойчивостта на цементация; въглеродът подобрява якостта при повишени температури; силицийт подобрява устойчивостта на окисляване и цементация. Подобряване на високотемпературната устойчивост на сплавите може да се постигне чрез употреба и добавяне на легиращи елементи за уякчаване на твърдия разтвор, т.е. включване на чужди атоми в кристалната решетка, вследствие на което се предизвикват локални деформации на решетката, възпрепятстващи високотемпературните деформации. Това може да стане чрез добавяне на легиращи елементи като волфрам, ниобий, кобалт, с което се подобрява якостта на сплавите [2-4].

Цел на настоящата работа е провеждане на сравнителни изследвания на механичните характеристики на тръбни заготовки от азотни и безазотни стомани, произведени по метода на центробежното металолеене.

2. Експериментална част

Чрез метода на центробежното металолеене са произведени тръбни заготовки от стомани 40Cr25Ni20Si2, 30Cr24Ni24Si2Nb и азотна стомана 20Cr25Ni10Si2N (Фигура1). От получените отливки са взети проби от предния и задния край съответно за химичен

анализ, за макро- и микроструктурни изследвания и пробни тела за механични изпитвания. Химичният състав на произведените заготовки е представен в Таблица 1. За азотната стомана е установено отклонение по съдържание на силиций.



Фигура 1. Центробежно лети заготовки от стомани марка 40Cr25Ni20Si2, 30Cr24Ni24Si2Nb и 20Cr25Ni10Si2N

Таблица 1. Химичен състав на произведените чрез центробежно металолеене тръбни заготовки

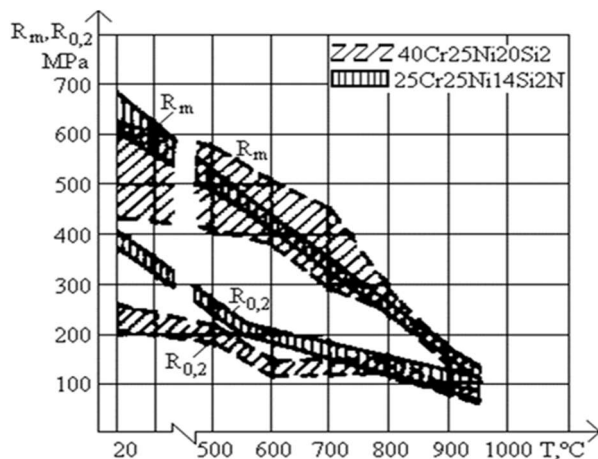
Марка стомана	Химичен състав, % (мас.)								
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Nb	N	S	P
40Cr25Ni20Si2	0,41	0,95	1,24	24,76	20,15	-	-	0,019	0,02
30Cr24Ni24Si2Nb	0,33	0,82	0,47	24,01	24,25	1,85	-	0,016	0,02
20Cr25Ni10Si2N	0,02	2,33	1,93	26,14	9,88	-	0,31	0,014	0,02

Механичните характеристики $R_{0,2}$, R_m и A_5 са изследвани по стандартни методики на изпитвателна машина DT 10/90 с пробни тела $\varnothing 5$ mm. Изпитването е извършено при температури 20°C, 550°C и 950°C, като за оценка се взема най-малката и най-голямата стойности от резултатите получени при всяка температура.

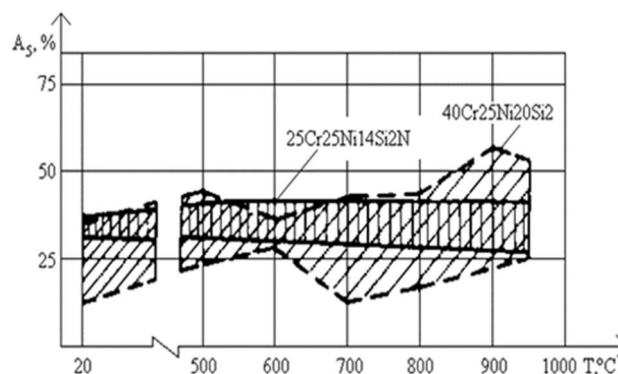
3. Резултати и анализ

На Фигури 2 и 3 е показано съответно изменението на механичните характеристики $R_{0,2}$, R_m и A_5 в зависимост от температурата на изпитване. На тези фигури са представени граничните стойности на якостните и пластични характеристики на стомана 40Cr25Ni20Si2 и на азотна стомана 25Cr25Ni14Si2N в лято състояние. Получените резултати показват, че граничните якостни характеристики на центробежно летите заготовки от азотната стомана са по-високи при 20°C и сравнително еднакви при 550°C и 950°C. По-ниските стойности на $R_{0,2}$ (100 MPa) и R_m (110 MPa) при 950°C се наблюдават при отливките с по-малко съдържание на азот и никел и по-високо съдържание на силиций.

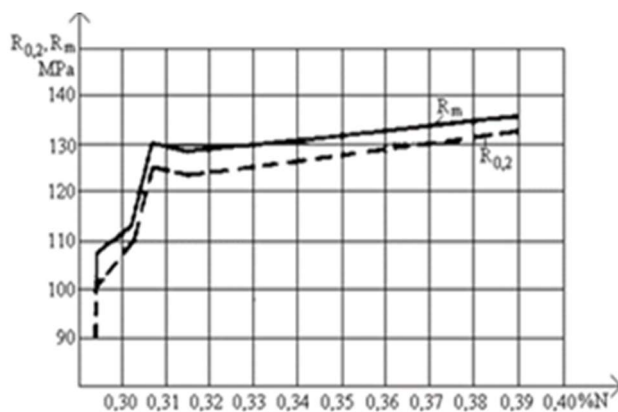
На Фигура 4 е представена зависимостта на якостните характеристики на азотната стомана от концентрацията на азота, а на Фигура 5 е показана зависимостта на якостните характеристики на азотната стомана от концентрацията на никела.



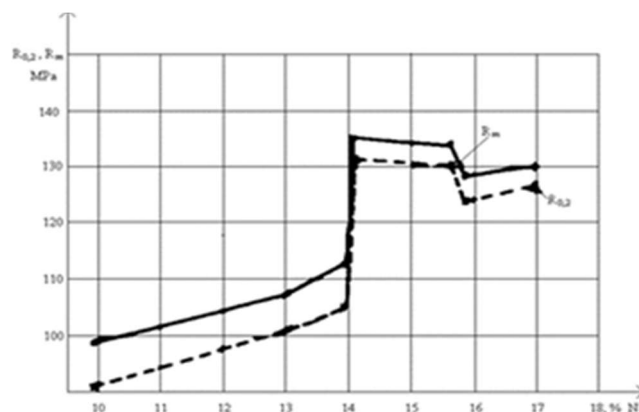
Фигура 2. Зависимост на механичните характеристики $R_{0,2}$ и R_m от температурата на изпитване на центробежно лети заготовки от стомана 40Cr25Ni20Si2 и азотна стомана от типа 25Cr25Ni14Si2N ($C_N=0,294\div 0,390\%$, $C_{Ni}=10\div 17\%$)



Фигура 3. Зависимост на механичните характеристики A_5 от температурата на изпитване на центробежно лети заготовки от стомана 40Cr25Ni20Si2 и азотна стомана от типа 25Cr25Ni14Si2N ($C_N=0,294\div 0,390\%$, $C_{Ni}=10\div 17\%$)



Фигура 4. Влияние на концентрацията на азота върху изменението на якостните характеристики $R_{0,2}$ и R_m на стомани от типа 25Cr25Ni14Si2N в лято състояние ($C_N=0,294\div 0,390\%$; $C_{Ni}=9,95\div 17\%$; температура на изпитване 950°C)

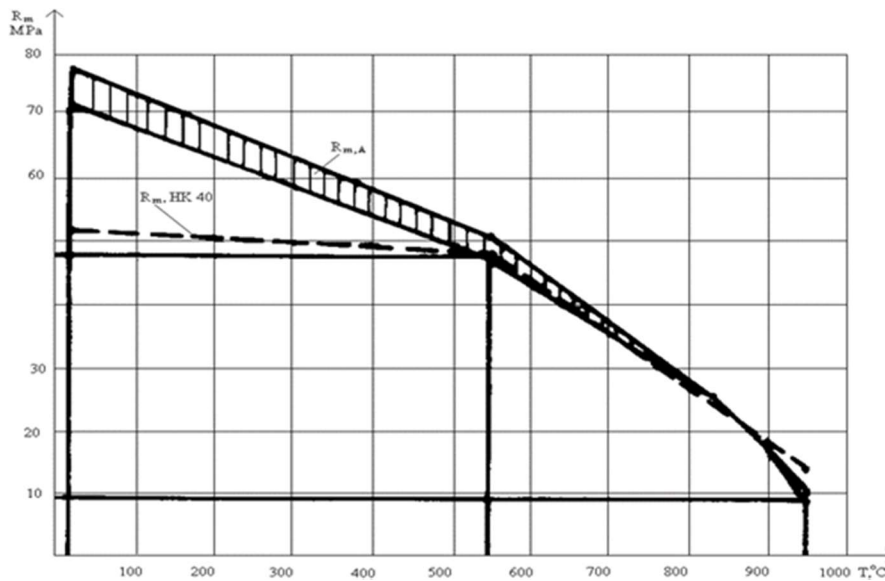


Фигура 5. Влияние на концентрацията на никела върху изменението на якостните характеристики $R_{0,2}$ и R_m на стомани от типа 25Cr25Ni14Si2N в лято състояние ($C_N=0,294\div 0,390\%$; $C_{Ni}=9,95\div 17\%$; температура на изпитване 950°C)

На Фигури 4 и 5 се вижда, че при високите температури с увеличаване на концентрацията на азота и никела в изследваните сплави значително се повишават якостните показатели. Наблюдава се особено силно изразено скокообразно изменение на границата на провлачане $R_{0,2}$ и якостта на опън R_m при температура 950°C при стомани с концентрация на азота 0,30% и никела 14%. Това вероятно се дължи на съвместното влияние на двата легиращи елемента, но с преобладаващо значение на азота, присъствието на който определя количеството и разпределението на допълнителната фаза от метални нитриди по границите на зърната и микроструктурата на отливките.

От предния (топъл) и задния (студен) край на тръбните заготовки са изрязани образци, от които са изработени пробни тела с диаметър $\varnothing 5$ mm за якостни изпитвания съгласно стандартни методики при температури 20, 550 и 950 °C. Получените

експериментални резултати са показани на Фигура 6. Установено е, че азотната стомана 20Cr25Ni10Si2N при по-ниски температури на изпитване има по-високи якостни характеристики. Забелязва се по-голям наклон на кривата за R_m за стомана 20Cr25Ni10Si2N в сравнение със стабилните стойности на сплав 40Cr25Ni20Si2, след което при около 900°C се наблюдават еднакви стойности. Този факт вероятно се обяснява с комплексното влияние на няколко фактора, основно на по-високото съдържание на Si, което води до образуване на SiN. Този нитрид от една страна има крехка структура, а от друга води до обедняване на аустенитната матрица на азот, вследствие на което се намаляват механичните свойства при високи температури. Повишаване на високотемпературната моментна якост може да се постигне и чрез повишаване съдържанието на никела до стойности в областта на горната му граница и чрез добавяне на титан и ниобий за стабилизиране на аустенитната матрица при високи температури.



Фигура 6. Зависимост на механичните характеристики на стомана 40Cr25Ni20Si2 и на азотната стомана 20Cr25Ni10Si2N от температурата на изпитване

4. Заключение

Чрез метода на центробежното металолеене са произведени тръбни заготовки от стомани 40Cr25Ni20Si2, 30Cr24Ni24Si2Nb и азотна стомана 20Cr25Ni10Si2N. Проведени са сравнителни изследвания на механичните свойства на стоманите. Определени са основните механични характеристики $R_{0,2}$, R_m и A_5 при температури 20°C, 550°C и 950°C. Установено е, че граничните якостни характеристики на азотната стомана са по-високи при 20°C и сравнително еднакви при 550°C и 950°C. Изследвана е зависимостта на якостните характеристики на азотната стомана от концентрацията на азота и от концентрацията на никела. Установено е, че при високите температури с увеличаване на концентрацията на азота и никела значително се повишават якостните показатели. Наблюдава се особено силно скокообразно изменение на $R_{0,2}$ и R_m при температура 950°C при стомани с концентрация на азота 0,30 % и никела 14,0 %.

Литература

1. Х. Аргиров и др. Нова технология за производство на азотни конструкционни стомани чрез методите на металургията под налягане. Инженерни науки. Год. XLII, 2005, № 3.
2. С. Б. Юдин, С. Е. Рзенфельд, М. М. Левин. Центробежное литье. Москва, Металлургия, 1982.
3. И. Георгиев, В. Вълков, Х. Пенчев. Експериментално изследване въздействието на технологичните параметри върху кристализацията на сплави при центробежно леене. International Congress "Mechanical Engineering Technologies 97". Sofia, Vol. 1, 1-4, 1997, ISSN 1311-3946.
4. Б. Барбулски, Я. Арсов, и др. Опитна установка и математическо моделиране влиянието на вибрациите върху кристализацията на къси центробежно лети тръбни заготовки. Леярски бюлетин, бр. 8-11, 2004.