

# ОСОБНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВОТО НА ОТЛИВКИ В СЪВРЕМЕННИТЕ УСЛОВИЯ

## SOME ASPECTS OF THE PRODUCTION OF CASTINGS UNDER MODERN PRODUCTION CONDITIONS

### ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Prof.Dr.Ph.Ponomarenko  
O.<sup>1</sup>, NTU Harkovski  
Politehnicheski Institut<sup>1</sup>,  
Harkov,Ukraina; E-mail:  
litvo21@kpi.kharkov.ua;

Dr.Eng. Radchenko A.<sup>2</sup>,  
OAO HTZ  
"S.Ordzhonikidze"<sup>2</sup>,  
Harkov,Ukraina; E-mail:  
rarse@mail.ru;

Dr.Eng. Dossev V.<sup>3</sup>,  
Laempe EAST Co<sup>1</sup>, Ruse,  
Bulgaria; E-mail:  
laempecast@datatower.net;

Dr.Eng. Rachev P.<sup>4</sup>,  
Technical University<sup>3</sup>,  
Ruse, Bulgaria; E-mail:  
p\_rachev@abv.bg;

A specialty of the modern conditions for production of castings is the development and application of concepts, connected with the new methods of price calculation and the methods of prevention of ossuring of casting defects, which are basic elements for preservation of compation. The increase of the quality of castings and the attempt to keep production under low cost conditions leads to the development of a basic system, connected with the regulation of the heat and gassing profile of the sand mould as well as of the way how the minimal possible price could be calculated. The present article shows the systematic way how the conditions for casting production are predicted. There are recommendations how casting defects could be avoided as well as examples how the costs for process regulation could be calculated.

**KEYWORDS:** CASTING, QUALITY, DEFEKT,GASSING PROFILE SAND FORM, MINIMAL POSSIBLE PRICE.

#### 1. Увод

Повишаването на качеството и конкурентната способност на отливките е една от най-важните задачи на науката и практиката в областта на леярството. Главно, въз основа на решението на тази задача е възможно стабилизирането и възвръщането на леярското производство в съвременните условия.

В пазарната икономика решаващ фактор на търговския успех при производството на отливки е тяхната конкурентноспособност, т.е. осигуряване на по-високо съотношение между качествените характеристики на изделията и разходите за придобиване.

#### 2. Предпоставки и начини за решаване на проблема

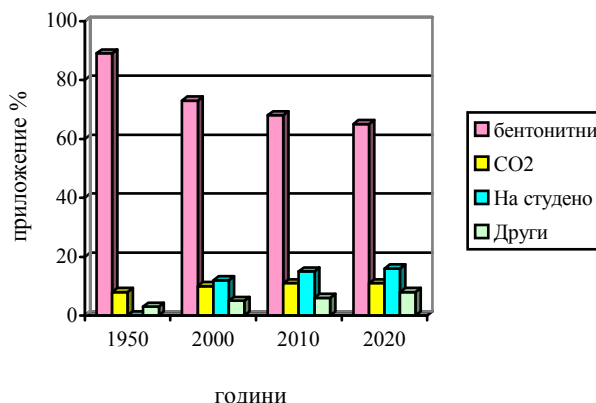
Един от основните подходи на усъвършенстване на технологическите и икономическите условия на производството на отливки са:

- разработване и използване на нови методи на ценообразуване;
- методи за предотвратяване на появата на различни дефекти в отливките.

Разходното ценообразуване в условията на криза, на намалено търсене на отливки и изделия от заготовителното производство в настоящия момент довежда до съкращаване на обема на произведените изделия и влошаване на качеството на отливките. Причина за това са редица системни фактори, пряко или косвено влияещи на свойствата на отливките.

Особеност на конвейерното и автоматизирано производство на чугунени и стоманени отливки във влажни пясъчни форми (например в Харковския тракторен завод) се явява по-високата вероятност от образуването на газови дефекти (шупли, пористост) [1], а така също и използването на традиционния подход към формиране на цената на отливките, основан на пресмятане на пълната себестойност на изделието.

Проблема е актуален още и с това че, преобладаващо в леярската практика, за получаване на отливки от чугун и отчасти от стомана се използват основно бентонитни форми (Фиг.1.) [2].



Фиг.1. Състояние и прогноза за използване на някои видове леярски форми в металолееенето

Практиката на повишаване на качеството на отливките и минимизиране на разходите за тяхното получаване по пътя на предотвратяване на образуването на дефекти от отделените газове и намаляването на цените на отливките в Украйна, България, както и останалите страни е показала че, успешно такава задача може да се реши при използване на концепцията TQM (total quality management – тотално всеобхватно управление на качеството). Това спомага за разработването на комплексни системи (системен подход) към изучаването на основни процеси, формиращи като цяло топло-газовия режим (ТГР) на леярската форма, отчитайки конструктивни и системни фактори, а също така и за сметка на използване на ефективните методи на управление по системата "директни разходи"

По съществуващи оценки в световната практика, започналият преход с използване на концепцията TQM представлява трета научно-техническа революция в промишлеността.

Прилагането на концепцията TQM в задачата за управление на качеството и конкурентноспособността на отливките изисква, преди всичко, определяне на цялото множество променливи, влияещи върху най-важните характеристики. Ефективността на решението на тази задачата се определя от резултатността и

надеждността на работа на построената на тази база система за управление на качеството на отливките.

Определянето на променливите фактори, влияещи на качеството на отливките и избиране на най-съществените от тях за построяването на системата за управление е сложна и нетрадиционна задача за леярското производство. Тя е свързана с две обстоятелства. Първо-по съвременните оценки на качеството на отливките влияят повече от хиляда променливи. Второ-съществуват различни леярски процеси с разнообразни променливи параметри, чието разсейване влияе върху нивото на качеството.

В рамките на традиционните инженерно-технологични представи за формиране на качеството на отливките основно внимание се отделя на променливите от технологичен характер, свързани с получаването на течен метал, свойствата на формовъчните и сърцеви смеси. Задълбоченият анализ обаче показва че, при решаването на задачата за създаването на ефективна система за определяне на качеството на отливките освен технологични в гупата на съществените фактори трябва да се предвидят също конструктивни и системни.

Конструктивните фактори имащи отношение към качеството на отливката се определят още на стадия на разработката и конструирането и са свързани с избора на конфигурацията на отливката, дебелината на стените и техните преходи, външната геометрия и геометрията на кухините, марките на леярските силици и др. Тези фактори в значителна степен определят номенклатурата и интензивността на възникване на леярските дефекти при реализиране на производството на отливките.

Най-слабо е изучено влиянието на системните фактори, въпреки че по интензивност на влияние те се намират на едно ниво с конструктивните и технологичните.

Системните фактори са тези свързани с процеса на производство на отливки в рамките на конкретна леярско-технологична система (ЛТС). Производствения процес, освен ядрото – технологичен процес, включва и обслужващите го подсистеми, реализиращи функциите на управление, снабдяване, планиране, междооперационен транспорт, ремонт, управление на експлоатационната надеждност на оборудването, организация на взаимодействието на функционалните подразделения на цеха и др. подобни. Освен това важен системен фактор е номенклатурата и сложността на получаваните едновременно отливки в рамките на една производствена програма.

Конкретното въздействие на системните фактори върху качеството на отливките зависи от структурата на съответната конкретна ЛТС. Съществуват следните типични ситуации: престоите на оборудването поради различни причини от системен характер и несъгласуване между формовъчния, топлиния и заливячен участъци, довеждат до влошаване на качеството на течния метал, овлажняване на сърцата и влошаване на състоянието на повърхността на бентонитните форми в резултат на обезводняване. Всичко това довежда до влошаване на качеството на отливките, появата и увеличаване на леярските дефекти.

Освен това, всяка отливка има свои индивидуални изисквания към течен метал, форма и смеси от които се произвежда. Тези изисквания произтичат от конкретната конструкция на отливката и условията при които тя работи. При едновременното производство на няколко отливки в една конкретна ЛТС горните изисквания като правило не съвпадат и степента им на несъвпадение определя степента на понижаване нивото на качеството на отливките.

Списък на системните фактори може да бъде продължен. Към тях следва да прибавим влошаване на качеството на формите поради аварии на формовъчното оборудване, деформации на формите при транспорт преди заливане, влошаване на качеството на изходните материали, промяна на марката на леярската сплав при получаването ѝ от един и същ топлиен агрегат, недостатъчна квалификация на

изпълнителния и обслужващ персонал, незаинтересованост на персонала към качествено изпълнение на работата, ниско ниво на аналитична работа на технолозите при прилагане на управлението на качеството и т.н.

Споменатите две ситуации свързани с престоите и номенклатурата на паралелно произвежданите отливки са типични за всички ЛТС а останалите причини се определят от конкретните условия на производството на отливки, номенклатурата им, начина на производство, производствените обеми, съвкупността от технологичното оборудване, особеностите на системата на управление, техническите изисквания към произвежданите отливки.

### 3. Решение на проучения проблем

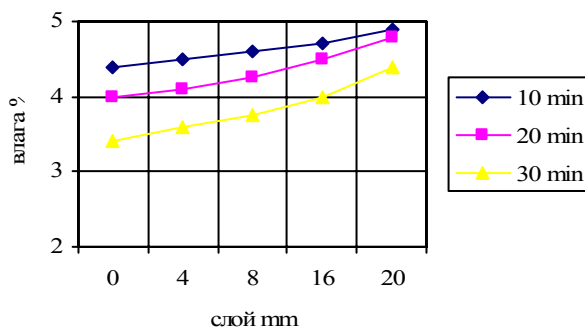
Количествено, влиянието на престоите в условията на конвеерно производство на отливки от чугун и стомана е изучавано в леярските цехове на ХТЗ. Някои от данните за зависимостта на тези значения са показани на табл.1.

Таблица.1. Зависимост на брака по отливките от продължителността на престоите

Вид на брака	Количество на брака в (%) при продължителност на простоя (min)					
	0	20	30	40	50	60
Разрушаване	0,1	0,1	3,2	5,8	9,1	12,5
Замърсяване	0,6	1,0	2,6	6,9	10,3	14,6
Газови шупли	9,7	10,2	8,1	6,0	4,9	3,2
Общ брак по вина на формата	10,4	11,3	14,8	18,7	24,3	30,2

Анализът на получените данни показва, че с увеличаване на продължителността на престоите на формовъчния конвейер рязко нараства брака от разрушени форми, и включвания от формовъчна смес, т.е. общия брак по вина на формовъчната смес, независимо от понижаване на количеството на газовите шупли, причинено от изсушаване на повърхността на формата по време на престоя. Подобни резултати са получени и при производството на стоманени отливки в резултат на обработени данни от специално проведени наблюдения.

Проведеното в България изследване на дълбочината на обезводняване на леярската бентонитна форма показва (Фиг 2.) че, в зависимост от температурата и влажността на околната среда, както и продължителността на престоите, влагата в повърхностния слой може да се понижи с около 0.5-1.5%.



Фиг.2. Намаляване на влагата по дълбочина на бентонитната форма за време 10, 20 и 30 min, при 30 °C и влажност на средата 70%

Установено е че, основната причина за повишаването на брака при отливките е намалената влага в повърхността на формите и като следствие влошаване на физико-механичните свойства на формовъчната смес. Резултатите от статистическата обработка на данните показват че, стойността на коефициента на корелация между физико-механичните свойства на формовъчната смес и отделните видове брак се намира в границите – 0,17 – 0,51. В същото време коефициента на

корелация между броя на престоите и общия леярски брак по вина на формата представлява 0.525. От горното следва че, продължителността на престоите оказва на качеството на отливките не по-малко влияние отколкото физико-механичните свойства на формовъчната смес.

В резултат на изследването, са разработени препоръки с цел намаляване на престоите за сметка на оптимизация на планово-предупредителните ремонти на леярското оборудване. В условията на съществено понижаване на обема на производство, нараства проблема за рационално използване на високопроизводителното оборудване, икономия на материални, енергийни и трудови ресурси, повишаване на качеството на отливките, което от своя страна изисква и продължаване на изследванията.

Опитът при изучаване ролята на системните фактори върху качествата на отливките показва че, ефективното решение на задачата е възможно само при комплексно и оптимално управление на конструктивните, технологични и системни фактори.

Също така, с цел повишаване на качеството и намаляване на брака по отливките, в условията на стоманолеярния цех на ХТЗ, предназначен за отливки от марките 45Л и 110Г13Л, включително и ходовата част на тракторите, е бил проведен определен обем от работа по усъвършенстване на технологичния процес за производство на стоманени отливки.

В резултат на изследването на причините на възникване на брак в отливките с отговорно предназначение, от високоманганови стомани, е установено че, на процеса на образуване на газови дефекти при тях, голямо влияние оказва газонасищането и температурата на течния метал, поради високата способност към газообразуване на влажната леярската форма и забавеното затвърдяване на отливката

Във връзка с високата температура на метала, газонасищането продължава и в процеса на заливане във влажната форма. При анализа на процеса на газонасищане на течната стомана може да се отделят две групи фактори определящи основното количество в течната стомана.

Първата група фактори, свързана със структурата на технологичния процес на производство на отливки (престои на формовъчни и топилни агрегати, отклонения в температурата и скоростта на заливане на течния метал, а също така влажността, степента на уплътняване и газоотделянето от формовъчните смеси), оказва силно влияние върху на насищане и дегазиране на течния метал.

За решаването на тази задача е разработена и внедрена система за управление на производство на формовъчните смеси, която отчита влиянието на състава на смесите върху топло-газовия режим на леярската форма и като следствие на качеството на отливките. Разработени са технологични решения създаващи насочен газов режим във формата, чрез прилагането на ефективна сиситема от вентилационни канали, които предотвратяват образуването на газови дефекти по вина на формата и намаляват брака [3].

Практиката показва че, важна роля при този процеси играе и втора група фактори, представляващи параметрите на процеса на приготвяне на стопилки от стомана.

#### **4. Резултати и дискусия**

За изучаването на възможностите за понижаване на газонасищането на течната стомана базирано на основа на усъвършенстване на технологията на разкисление, са проведени теоретически и експериментални изследвания за устояване на връзката между параметрите на технологията на разкисление, температурата на заливане и образуването на газови шупли и ситовидна пористост в отливките.

Съгласно съществуващите теоретични представи образуването на газовия мехур в течния метал започва при условия когато сумата от налягането на въглеродните окиси и водорода надминава външното налягане в мястото на зараждане.

От тука следва че, ефективен метод за предотвратяване на образуването на газови дефекти в стоманата е намаляването на парциалното налягане или по-точно намаляване на съдържанието на въглеродни окиси и водород в течната стомана. В условията на съществуващите технологии за топене на манганова стомана, няма възможност за значително понижаване на съдържанието на водорода в стопилката но, чрез усъвършенстване на технологията на разкисление на стоманата може да се намали парциалното налягане на въглеродния окиси. За оценка на ефективността на технологията на топене интерес представлява определянето на степента на насищане на течната стомана с водород, както и критичната стойност на тази величина.

Получените резултати показват че, съдържанието на водорода в стоманите се колебае в границите  $2.0...4.5 \text{ sm}^3/100\text{g.}$ , при това около 80% от плавките имат съдържание на водород по-високо от критическата стойност равна на  $2.7 \text{ sm}^3/100\text{g.}$ , което е и причина за големия брак от газови дефекти по отливките

Намаляването на съдържанието на въглеродния окис, разтворен в метала е постигнато за сметка на усъвършенстване на технологията за разкисление на стоманената стопилка. Установено е че, намаляването на кислорода в течния метал може да се постигне чрез замяна на феросиликомангана (ФСМ) със феросиликомангалуминий (ФСМА), който, съдържа в себеси, в едно цяло, всички елементи използвани за разкисляване.

При експерименталното изучаване на процеса на разкисляване с ФСМА на мангановата стомана, са използвани следните варианти:

- а) разкисляване в пеща с добавка на ФСМА в количество 10 ... 25 kg./t. стомана;
- б) Комбинирано въвеждане в пещи на ФСМА в количество 10 ... 18 kg./t. и шлак от производството на алуминий (със съдържание на  $\text{Al}_2\text{O}_3$  70...80%) в количество 7...12 kg./t..

Резултатите от изследването показват че, средното съдържание на кислород в стопилката намалява при използването на разкислител ФСМА.

Анализът на производствените данни показва че, е на лице намаляване на брака при най-чувствителната към брак и отговорна отливка - "трак верижен". Това е свързано с намаляване на съдържанието на кислород в течния метал до 0.0023% и повишаване на чистотата на стоманата от неметални включвания, както и от намаляване на дефектите тип "ситовидна пористост" и на газовите шупли.

Разработената технология за разкисляване на стомани с високо съдържание на манган е защитена със заявка за патент за техническо усъвършенстване [4].

Внедряването на технологията в условията на ХТЗ и свързаните с нея мероприятия са дали възможност да се: намали разхода на разкислител и варовик, да се реализира икономия на алуминий, да се подобри екологията и условията на труд в топилното отделение, да се намалят 2-3 пъти леярските дефекти по причина ситовидна пористост, газови шупли и горещи пукнатини в стоманените отливки.

Следващият етап на използване на системния анализ е свързан с разработването на неговите подсистеми, реализиращи функциите на управление на разходите в леярското производство, основани на използването на маргиналният подход – системата "директна стойност", т.е. метода на отчитане на частичните разходи при привличането на нови поръчки и обезпечаване на стабилно заплащане на труда на заетите в производството.

Маргиналният подход в ХТЗ се използва след като е установено че, екстензивното развитие на производството на отливки се е изчерпало. Същността му се състои в пресмятане на минимално възможната цена определена въз основа на принципа на положителната промяна на паричния поток. Използването на този метод изисква точно разделяне на разходите на свързаните с производството на необходимия

обем продукция (променливи разходи) и разходи свързани с продължителността на календарния период (постоянни разходи). Очевидно минималната възможна цена ще е равна на променливите разходи за производство.

Следователно, при непълно натоварване на производствените мощности, е изгодно производство и реализиране на отливки по цени по-високи от сумата на променливите производствени разходи.

Към променливите разходи за производство, освен материалите и заплатата на работещите, може да отнесем и променливите оцопроизводствени разходи. В резултат на това в системата на определяне на производствените разходи се образува категория "маргинален доход", която представлява разликата между продажната цена на отливката и сумата на променливите разходи за нейното производство.

Въз основа на анализа от използването на маргиналният подход при изпълнението на поръчки за изработване на отливки е установено:

- използването на метода на маргиналните разходи дава възможност да се изключи обемния фактор от разходните параметри при производството на отделни видове отливки и като резултат от това да се създаде възможност за по-гъвкава ценова политика;

- формирането на маргиналният доход за отделните типове отливки дава възможност да се установи частта на различните елементи от производствената програма в икономическия резултат на работата на предприятието и да се извърши прогноза за новопостъпващи поръчки.

Пречки за прилагането на дадения подход в условията на съвременното леярско производство са стереотипът свързан с използването на методите на пълните разходи, което води, в някои случаи, до неверни представи за ефективността на производството. С проблема по внедряване на маргиналният подход в леярското производство са свързани също и други проблеми – това са преди всичко определянето на променливите разходи на нивото на отделни типове отливки на основното производство.

## **5. Заключение**

По такъв начин реализацията на системния подход към изследването на газовите явления във влажните леярски форми се свежда до анализ на параметрите на съвкупността от процеси и разработване на препоръки за минимизиране на възникването на газови дефекти, а реализирането на метода на маргиналният подход позволява ефективно да се управлява производствената програма в леярското производство, осигурявайки максимални финансови резултати, увеличение на поръчките и стабилност на заплащането на работещите.

## **6. Литература**

1. Радченко А.А., Пономаренко О.И. Исследование влияния технологии раскисления на газонасыщенность металла. / Сб.: Неметаллические включения и газы в литейных сплавах. – Запорожье, 2003. – С.147 - 151.
2. Досев В.И., Рачев П.В., Състояние и перспективи на приложението на кварцовите пясъци производство на Каолин АД в металолееенето на Р.България. Фирмен доклад.2006, 34 с.
3. Литейная форма: А.с. 1447530 СССР, МКИ В22 С 9/10 / А.А. Радченко, С.Г. Пельх, В.П. Шабанин (СССР). – №4129706/23-02; Заявлено 01.10.86; Оpubл. 30.12.88, Бюл. – №48. – 2с.
3. Способ раскисления высокомарганцовистой стали: А.с. 1592347 СССР, МКИ С21 С 5/52 / Ю.Ф. Радько, А.А. Радченко, И.Г. Волков (СССР). – №4426391/27-02; Заявлено 17.05.88; Оpubл. 15.09.90, Бюл. – №34. – 4с.
4. Карпова Т.П. Управленческий учет. – М.: ЮНИТИ, – 2003. – 350с.