

КОНТРОЛНИ ПЛАНОВЕ ЗА ОСИГУРЯВАНЕ КАЧЕСТВОТО НА СФЕРОГРАФИТНИ ЧУГУНИ

CONTROL PLANS FOR QUALITY ASSURANCE OF SPHEROIDAL GRAPHITE IRONS

гл. ас. инж. Георгиев Ц.¹, доц. д-р инж. Николов Г.²
Русенски университет "Ангел Кънчев", Русе^{1,2}

Abstract: *The article presents a summary of the advantages offered by creating control plans, an explanation of the main components of a control plan, and links to Bulgarian and international standards. The most critical steps in producing spheroidal graphite (ductile) irons are presented in the context of quality assurance activities. The complete control plan is prepared to be printed as a guide book for foundries.*

KEYWORDS: CONTROL PLAN, QUALITY ASSURANCE, SPHEROIDAL GRAPHITE IRON, DUCTILE IRON, ISO/TS 16949

1. Увод

Контролният план е документирано описание на начините, по които производителят осигурява качеството на процесите и продуктите. Той обобщава добрите практики от автомобилостроенето и може да служи за основа на подобрения, за вземане на решения за отстраняване на проблеми и за анализ на най-важните процеси във фирмата при условие, че отразява реалното състояние на процесите и на използваното оборудване.

Разработването на контролния план се извършва от екип, сформирани от представители на всички звена, имащи отношение към производството на съответния продукт. Независимо от това най-голяма тежест пада върху технолозите и специалистите по качество.

Контролните планове се използват за да се:

- сведе до минимум вариацията във функционирането на процесите (входни данни) и качеството на продуктите (изходни данни);
- осигури структуриран подход за контрол;
- създаде добре обмислен план за действие при откриване на несъответствие;
- документиран несъответствията и направените подобрения;
- да се повиши удовлетвореността на клиентите като се контролират изискваните от тях показатели с предварително договорени устройства за контрол и измерване.

За различни етапи от производството могат да се разработят отделни контролни планове:

- за прототипи (след проектиране): измерване на размери, механични свойства, оценка на функционалността;
- преди редовно производство: промяна на контролния план след изпитване на прототипите;
- за редовно произвеждани продукти: пълен контролен план с контролирани параметри на процеса, използвани системи за измерване и изпитване, планове за действие (създаване на PERT & Gantt графици), планове за извадков контрол, статистически контрол на процесите (SPC).

2. Предпоставки и начини за разрешаване на проблема

2.1. Изисквания към качеството на отливки от сферографитен чугун (СЧСГ)

Към момента в България действат два стандарта, които пряко се отнасят към СЧСГ:

- БДС EN 1563:2000 „Леярство. Сферографитен чугун” (на английски език / непереведен: Founding - Spheroidal graphite cast irons) и
- БДС EN 1564:2000 „Леярство. Изотермично закален сферографитен чугун” (на английски език / непереведен: Founding - Austempered ductile cast irons).

Механичните свойства и най-вече якостта на опън на отливките от СЧСГ се управляват със следните четири променливи: изходен химичен състав, модифициране, скорост на кристализиране и скорост на охлаждане. Отливки, които кристализират и се охлаждат по различен начин имат различни механични свойства дори изходния химичен състав и модифицирането да са едни и същи. Дебелостенните отливки кристализират по-продължително от тънкостенните, а за да се получат желаните механични свойства в отливки с различни геометрични параметри изходния химичен състав и модифицирането трябва да се регулират от леярната.

Дефектите в отливките се класифицират съгласно БДС 5177:1985 „Дефекти на отливките. Терминология и класификация на дефектите”. Старата версия на стандарта от БДС 5177:1964 е разгледана и пояснена с примери в [2] където подробно и задълбочено са изяснени основните причини за образуване на дефекти в отливките от чугун и стомана и начините за тяхното предотвратяване. Авторите доказват, че повишаването на качеството е свързано непосредствено с всички етапи на цикъла „проектиране-производство”. Според тях „пълният и всеобхватен контрол на целия цикъл на получаване на отливките, стриктното спазване на технологичната дисциплина в съчетание с възможно най-задълбоченото познаване на причините, които пораждаат дефектите и методите за тяхното отстраняване са главните условия за рязкото намаляване на брака и подобряване на качеството на отливките”.

Необходимо е да се тълкува понятието „пълнен”, използвано в цитирания по-горе текст. Ако означава контрол на всички критични показатели, то идеята е съвместима с най-съвременните тенденции в управлението на качеството. Ако означава 100% контрол, то това ще увеличи недопустимо много разходите за (контрол на) качество. Ето защо съществен елемент от контролния план е определянето на обема и честотата на контрола. От финансова гледна точка е по-изгодно да се определят критичните показатели, важните и несъществени (да се ранжират) и да се приложи усилен или 100% контрол на критичните, нормален за важните и отслабен за несъществени и маловажните. Ако контролът е разрушителен, обемът му трябва да бъде сведен до минимум.

2.2. Произход и приложение на контролните планове

Идеята за създаване на обобщено описание на дейностите по контрол на процеси и продукти е документирана подробно в QS-9000:1998 (САЩ), който освен изискванията на ISO 9001 включва и

допълнителни изисквания на Ford, Chrysler и General Motors. Аналогични текстове съществуват и в AVSQ (Италия), EAQF (Франция) и VDA 6.1 (Германия). През 2002г. AIAG (Automotive Industry Action Group) публикува техническата спецификация ISO/TS 16949, разработена от IATF (International Automotive Task Force). Този документ всъщност прави изискванията на големите автомобилни производители достъпни и за останалите производители на продукти за автомобилостроенето. Същевременно той удовлетворява необходимостта от уеднаквяване на изискванията в световен мащаб, подпомага непрекъснатото подобряване на качеството и увеличава удовлетвореността на клиентите. През първата четвърт на 2009г. е издадена новата версия ISO/TS 16949:2009, която отразява и измененията в ISO 9001:2008. Въпреки, че не са въведени допълнителни изисквания в последното издание на стандарта се подобрява съвместимостта с ISO 14001:2004 [4]. В съответствие с изискванията на ISO/TS 16949 при разработването на нов продукт за същият трябва да се разработи контролен план.

2.3. Елементи на контролен план

В областта на автомобилостроенето контролният план е предшестван от рисков анализ „Design FMEA” [6] (анализ на видовете несъответствия и последствията от тях – за продукт) и от съставяне на списък на критичните процеси. В зависимост от произвеждания продукт се разработват отделни контролни планове, съпътствани от рисков анализ „Process FMEA” [7] (анализ на видовете несъответствия и последствията от тях – за процес) за основните процеси от контролния план. Общоприетият формат на контролния план е предложен от AIAG и има вид на таблица (Табл.1).

Таблица 1 Примерна структура на контролен план

I	II	III	IV			V	VI					
			1	2	3		1	2	3		4	5
									a	b		

Значенията на полетата от контролния план са:

I – пореден № на етап (стъпка) на процеса – взема се от технологичната последователност на произвеждането на продукта (блок-схема на процеса Process Flow Chart)). Необходимо е освен критичните процеси да се включат и всички основни процеси;

II – наименование на процес или операция- също се взема от блок-схемата на процеса;

III – използвана машина, технологично оборудване, инструментална екипировка, приспособления и др. за конкретния процес или операция;

IV – показател (характеристика): отличителни черти, размери или свойства на продукта (резултата от процеса) или на процеса, за които могат да се събират данни (количествени или качествени). В (IV.1) се записва поредния номер на показателя от чертеж, блок-схема.

Показателите на продукта (IV.2) представляват негови особености или свойства, които са посочени в чертежите или друга техническа информация. Екипът, който разработва контролния план, трябва да определи критичните показатели за конкретния продукт. Всички критични показатели (специални характеристики) трябва да бъдат отразени в контролния план. В контролния план могат да се добавят и други важни

показатели на продукта, които се контролират рутинно при стандартните операции.

Показателите на процеса (IV.3) са променливи (входящи данни), които имат статистически значима причинно-следствена връзка с определен показател на продукта. Показателите на процеса могат да бъдат измерени само по време на появата им. Екипът трябва да определи онези показатели на процеса, чиято промяна трябва да се контролира за да се минимизира вариацията в качеството на продукта. Възможно е няколко показателя на процеса да влияят върху един показател на продукта, както и обратното.

V – вид на показателя: К – критичен, В – важен, Н – несъществен. Зависи от влиянието му върху крайния продукт, безопасността, клиента, персонала, финансови загуби при допуснатото несъответствие и др. Известни са методи- QFD, CCP, Value analysis (VA/NVA), които се използват за определяне на критичните показатели, които в най-голяма степен влияят върху качеството на процеса и/или продукта. Според терминологичния речник на ISO/TS 16949 критични са „тези изисквания към продуктите (размери, функционални изпитвания) или параметри на процесите, които могат да нарушат законодателни разпоредби или безопасното използване на продукта и които изискват специален контрол, т.е. включване в контролните планове на изисквания към конкретен доставчик, изисквания за монтаж, експедиция и наблюдение” [3].

VI – метод за осигуряване на качеството- систематичен план, който управлява процеса чрез процедури, инструкции, предписания и др. Трябва да се отбележи, че контролният план систематизира конкретни методи за контрол и изпитване, инструкции и предписания за работа, но не е подробно описание на начина на изпълнение. При конкретизиране на методите за осигуряване на качеството е необходимо да се запише:

1 – спецификационните изисквания към посочения показател: стандарт, допустими стойности, справочни конструктивни данни, производствени и/или монтажни изисквания;

2 – устройство за измерване и/или контрол (по възможност с указания за необходимата точност)- може да включва мерки, калибри, шаблони, инструменти и/или оборудване за изпитвания и др. Преди редовно прилагане на измервателната система, трябва да се направи анализ на нейните стабилност, повторемост и възпроизводимост (Gage R&R, Measurement System Analysis - MSA);

3a и 3b – попълват се обемът на извадката и честотата на вземане на извадки, ако не се извършва стопроцентов контрол;

4 – процедура, инструкция, контролна карта. Тази колона съдържа кратко описание на начина на контролиране на стъпката от процеса. Посочва се процедурата или инструкцията, която се прилага. Използваният метод за контрол трябва да се основава на ефективен анализ на процеса. Дейностите могат да се контролират чрез статистически контрол на процеса, визуален контрол, проверка за съответствие, техники за предотвратяване на грешки (автоматизирани или неавтоматизирани) и прилагане на планове за извадков контрол.;

5 – план за действие (при откриване на несъответствие в показателя или при съмнение за несъответствие): спиране на процеса, обозначаване и изолиране на несъответстващите продукти, корекция, документиране на несъответствието, информиране на заинтересованите

страни. По принцип тези действия се осъществяват от операторите или техните преки ръководители. Трябва да се наблегне върху превенцията за сметка на простото регистриране на несъответствия.

3. Резултати и дискусия

Известно е широкото приложение на отливки от сферографитен чугун в автомобилостроенето, железопътния транспорт, минното дело, земеделската техника и др. Динамичността на автомобилостроенето все повече скъсява времето за проектиране и разработване на нови продукти (Advanced Product Quality Planning - APQP), основано на методично планирани експерименти (Design of Experiments - DOE). Така по веригата на доставките все по-сериозни стават и изискванията към леярните, които произвеждат отливки от СЧСГ.

КОНТРОЛЕН ПЛАН

№ НА ЕТАП НА ПРОЦЕСА	ПРОЦЕС/ ОПИСАНИЕ НА ОПЕРАЦИЯТА	МАШИНА, СРЕДСТВО СЕРВИРАНЕ ЗА ПРОИЗВОДСТВО	ПОКАЗАТЕЛ		Вид на спец. показател	МЕТОДИ ЗА ОСИГУРЯВАНЕ НА КАЧЕСТВОТО						
			№	на ПРОДУКТ		на ПРОЦЕС	СПЕЦИФИКАЦИЯ ПРОДУКТ/ПРОЦЕС ДОПУСК	СРЕДСТВО ЗА ИЗМЕРВАНЕ/ КОНТРОЛ	ИЗВАДКА (стандартен план)		Процедура Инструкция Контр. карта	ПЛАН ЗА ДЕЙСТВИЕ
Конструирание на отливката												
Входящ контрол												
	доставка на чугун	Н-к Склад		химичен състав		К	сертификат; ПЛ1; ПЛ2 по ГОСТ 805:1995: 4-4,5% C, ≤ 0,04% Cr, 0,9-1,5% Si, 0,01-0,1% (max 1,5%) Mn; ≤0,08-0,3% P, 0,01-0,05% S; ГОСТ 4832:1995; ISO 9147:1987	спектро-метър	3 слитъка за партиди до 20т; 6 слитъка за партиди над 20т.	Всяка доставка	по ГОСТ 805:1995	При открито несъответствие се прави повторен контрол при удвоен обем на извадката като получените резултати се отнасят за качеството на цялата партида.
		Н-к Склад		качество на повърхността		В	липса на шлага, окиси и включвания	визуален контрол	10 слитъка за партиди до 20т; 20 слитъка за партиди над 20т.	Всяка доставка	Фирмена нормала	
	доставка на модификатор	Н-к Склад		химичен състав		К	сертификат	спектро-метър	1 проба	Всяка доставка	Каталог на фирма-доставчик	Пробно модифициране на малко количество метал (50кг), анализ на химичния състав на пробно тяло.
		Н-к Склад		размери (едрина)		К	сертификат	шублер	1 проба	Всяка доставка	Каталог на фирма-доставчик	Раздробяване
Подготовка на производството												
	съставяне на металната шихта от доменен чугун, стоманен и чулуен лом, собствен възврат (брак и лежова система), отпадъци и стружки	Технолог / Металург		състояние при доставка, степен на чистота (липса на окиси и примеси), размери и маса		В	БДС 4401:1974 „Чугун леярски“, БДС 4400:1984 „Чугун за преработка“, БДС 4358:1985 „Чугунени вторични суровини“, БДС 3579:1985 „Стоманени вторични суровини“	везна	100%	Всяка пещ и всяко зареждане	Технологична карта за последователност на зареждане и количества.	Коригиране
	разтопяване на шихтовите материали	Топилник: пещ; индукционна		температура на прегряване		В	1340-1480°C (1260°C за отливки с дебелина на стената 100mm)	термодвойки	1 проба	Всяка пещ	Контролна карта	Коригиране на температурата
				химичен състав		К	БДС EN 1563:2000 и технологична карта	спектро-метър	1 проба	Всяко стопяване	Технологична карта	Коригиране
Леене												
	модифициране	Оператор		количествено на модификатора		К	kg	везна; дозатор	100%	Всяко заливане	Технологична карта или инструкция	Коригиране
Довършителни операции- почистване, механична обработка, транспортиране, боядисване, опаковане и др.												
	изходящ контрол			механични свойства		К	БДС EN 1563:2000, R _m 400-1000 МПа R _{т0,2} 250-750 МПа А 4-27 %	машина за изпитване на опън	минимум 1 отливка	За всяка партида според стандартен план за контрол	Фирмена нормала	Бракуване на отливката
				твърдост		В	НВ 120-335	твърдомер	минимум 1 отливка	За всяка партида според стандартен план за контрол	Фирмена нормала	Бракуване на отливката
Термообработване (за получаване на изотермично закален СЧСГ)												

Фиг.1 Извадка от контролен план за осигуряване на качеството на сферографитен чугун

Периодът от началото на световната финансова криза оказва своето влияние като много производители съкращават своето производство, а някои дори обявяват фалит. Така пред леярните в България се появява шанс да заемат пазари, до които до неотдавна не са имали достъп. За целта е необходимо да се положат усилия за стабилно постигане на качество, което е сравнимо с това на производителите на оригинални части (Original Equipment Manufacturer - OEM), да се произвежда пестеливо (Lean) и да се проявява гъвкавост спрямо изискванията на клиентите (Quality Function Deployment - QFD).

Контролният план предлага възможността в производствения цикъл да се вградят изискванията на закони, нормативна уредба, стандарти, клиенти, доставчици и не на последно място съществуващите възможности и ограничения на леярната. Трябва да се има предвид, че контролният план е обвързващ документ. Липсата на контрол на критичен показател, пропуските в планиране, провеждане и документиране на действия спрямо несъответствия (V.5), неприемливи различия в измервателните системи на доставчик, леярна и клиент могат да доведат до загуби.

Разработеният контролен план (Фиг. 1) обобщава опита и ноу-хау в осигуряване качеството на СЧСГ. При съставянето му са използвани публикации [1, 2, 5], обобщени са добри практики, успешно решени проблеми (Lessons Learned) и експертни мнения.

Контролният план е важен елемент от валидирането на производствените процеси, с помощта на който всички критични показатели на процесите и конкретен продукт могат да се проследят сравнително лесно. Оценката на възможността за откриване на несъответствие (Detection) при определяне на риска чрез FMEA може да се промени при използване на по-точна и по-чувствителна измервателна система.

Предимство на използването на контролният план е, че с него се обхващат и „слабите места” при предаване на отговорността за качеството на продукта. Ефектът от контролният план може да се мултиплицира, ако се включат контролни точки между отделните стъпки на процеса или между различните функционални звена в организацията.

Критичните показатели за качеството на СЧСГ са определени по следните критерии: (степен на) влияние върху механичните свойства на СЧСГ, наличие на задължителни стандартизирани методи за контрол и изпитване и изисквания на клиентите на отливки от СЧСГ.

4. Заключение

През целия процес на производство на СЧСГ трябва да се извършва строг контрол, тъй като само при такива условия могат стабилно да се получават висококачествени отливки.

Контролният план трябва да бъде прегледан и актуализиран при промени, засягащи продукта, производствения процес, измерването, логистиката и FMEA. Тъй като контролният план се разработва за конкретни условия, в обобщения му вид е трудно да се посочат всички възможни машини и оборудване. В предложеният контролен план съществуват елементи, които могат да се прилагат без особени изменения.

Пълният текст на предложения контролен план ще бъде издаден във вид на ръководство и ще бъде предложен на фирми-производители на отливки от сферографитен чугун.

5. Литература

1. Липницки, А. М., И. В. Морозов, Справочник на леяра (превод от руски Македонски, З., П. Добрев, К. Кирилов), София, ДИ „Техника”, 1979г.
2. Тодоров, Р., П. Пешев, Дефекти в отливките от черни метали, София, ДИ „Техника”, 1980г.
3. ISO/TS 16949:2002
4. <http://www.iaatfglobaloversight.org/content.aspx?page=ISO/TS16949:2002>
5. <http://www.ductile.org/didata/>
6. http://www.qualitytrainingportal.com/resources/fmea/fmea_dfmea_control_plans.htm
7. http://www.qualitytrainingportal.com/resources/fmea/fmea_pfmea_control_plans.htm