



The informational and functional peculiarities of perspective of the fiber-optics systems using for control and management in foundry are considered.

Е. И. МАРУКОВИЧ, ИТМ НАН Беларуси,
А. П. МАРКОВ, Д. А. ГОРБУНОВ, БРТУ,
А. А. КЕТКОВИЧ, Б. А. ЧИЧИГИН, ООО «ТЕХКОНТ»

УДК 620.179:681.7.068

НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ОПТОВОЛОКОННЫМИ СРЕДСТВАМИ

Совершенствование техники и технологий литейного производства обуславливает соответствующую контролеспособность и управляемость технологических процессов. При некоторой инерционности операций по формированию качественного литья усложняются задачи быстрого оперативного контроля теплоэнергетических и пространственно-временных характеристик всего производства [1, 2].

Управление качеством и обеспечение конкурентоспособности продукции связано с современным уровнем аппаратного и приборного оснащения литейного производства. Многообразие изделий, широкий диапазон размеров и форм, габаритность и многоуровневое (разноуровневое) распределение источников первичной информации ограничивают создание универсальных и унифицированных контрольно-измерительных средств автоматизированного и автоматического контроля процессов литья и готовой продукции.

Для контроля продукции и объектов литейного производства преимущественное применение находят ядерные и магнитные излучения (рис. 1), посредством которых возбуждается первичная информация. При взаимодействии стимулирующих излучений с аномальными отклонениями объекта формируются контрастные зоны (участки), в которых сосредотачивается информация о количественных и качественных характеристиках различного рода отклонений.

Информационный анализ этих характеристик позволяет идентифицировать абстрактное отображение и установить виды дефектов и некоторые определяющие их параметры. В перспективе более применимыми будут методы и средства, обеспечивающие требуемую мобильность, селективность и оперативность [3, 4].

При доводке опытных образцов, отработке технологических режимов и новых конструктивных схем необходимы коммуникабельные и удобные в пользовании портативные информационно-измерительные средства. В условиях литейного производства ограничена применимость стационарных комплексов контроля готовой продукции



Рис. 1. Виды стимулирующих излучений, применяемых в неразрушающем контроле изделий литейного производства

из-за дополнительных сложностей при транспортировке и закреплении изделий на контрольно-измерительной позиции.

С одной стороны, физико-технические характеристики отдельных операций отражают реальное состояние материальных объектов на данных этапах производства, с другой – в информационном поле формализовано абстрагируются и отражаются их количественные и качественные особенности. Аномальные отклонения в структуре, тепловых режимах, в размерах, форме и других технологических параметрах, проявляемые в материальных средах, адекватно абстрагируются в некоторых пространственно-временных координатах информационного поля. Различие в физической природе источников информации, присущих материальному объекту и их формализованному отображению в совокупности сигналов, обуславливает и их различия в пространственно-временном распределении по ходу процесса литья. Такая особенность литейного производства значительно усложняет операции обнаружения и локализации источников пространственно-временной информации в реальном времени.

Обеспечение большей проявляемости источников информации обуславливает необходимость повышения чувствительности и быстродействия информационных средств. При этом возрастают объемы информации и усложняются задачи рациональной организации информационных процессов, распределения, направления и обработки этих потоков на первичном уровне с последующей передачей в обобщенных параметрах на более высокие уровни иерархической структуры. Однако с одновременным восприятием и дистанцированием первичной информации наряду с параметрами и уровнями сигналов необходима пространственно-временная координата каждого источника информации. Адресная привязка информации к реальному объекту упрощает операции отображения результатов и корректировку технологических режимов.

В дефектоскопии изделий литейного производства самое широкое применение находят методы и средства оптического контроля. По ГОСТ 19200-80 определены наиболее распространенные группы дефектов изделий литейного производства. По группам дефектов «поверхностные отклонения», «несоответствие по геометрическим размерам», «выявляемость оптическими методами превосходит более употребительные рентгеновские и акустические (см. таблицу). По группе дефектов «несплошности» эффективность оптического метода оценивается в 24 балла, тогда как рентгеновские имеют 26, акустические – 19, а капиллярные – 13 баллов [4].

При контроле отливок и форм более трудоемким и ответственным является визуально-оптический, которому подвергается 100% всей гото-

вой продукции (по ГОСТ 19200-80). Громоздкость и ограниченная коммуникабельность традиционных визуально-оптических средств компенсируются «гибкостью» и «проходимостью» волоконно-оптических систем визуализации труднодоступных зон. Особую сложность представляет внутривидение сложнопрофильных и многоэлементных каналов, расположенных в разных плоскостях и на различных уровнях (рис. 2). Зондирование таких изделий различными излучениями на просвечивание исключает возможность достоверной оценки качества изделий с адресной привязкой дефектных зон, так как изображения внутренних поверхностей каналов перекрываются [4, 9].

В совершенствовании современных технических систем и технологий волоконная оптика эффективна на уровне первичной информации. При высокой плотности и селективности она обеспечивает высокое быстродействие и комфортность отображения при формировании и отборе информации. Эффект адекватного отражения реальной картины в передаваемом изображении поверхности определяется структурой оптического канала, воздействием помех и способом ориентации первичного приемника излучений в процессе осмотра [5].

Схемы прямого и бокового обзора позволяют более рационально организовать поиск дефектируемых участков (рис. 3).

Боковой обзор (рис. 3, б) ограничивает зону осмотра в фиксированном положении эндоскопа, что способствует детальному обследованию каждого участка, особенно при наличии разных выступов и «мертвых» зон. Однако требуется больший угол отклонения, чего нет при прямом обзоре (рис. 3, а).

В общем виде модель внутреннего канала отливки 1 представлена разнообразными по своей форме и размерам технологическими элементами с некоторыми ограничениями для визуального осмотра различными схемами и средствами эндоскопирования (рис. 4).

Гибкий эндоскоп 5 с прямым обзором для направленного перемещения ориентируется вдоль канала или 2 помещен в жесткую направляющую трубу 3. Гибкий дистальный конец расширяет поле обзора и позволяет «заглянуть» в весьма ограниченные области. При этом радиус изгиба r и длина жесткой части дистального конца выбираются с учетом геометрии технологических участков.

Жесткий эндоскоп 4 с управляемым дистальным концом фиксируется с помощью специальных опор относительно поверхности отливки. На основе механических, электромеханических, гидравлических и других устройств строятся специализированные системы управления поиском дефектов с микропроцессорной обработкой информации и адресной привязкой фиксируемого изоб-

Таблица

Группа объекта	Вид дефекта	Выявляемость различными методами				
		рентгеновским	акустическим	оптическим	капиллярным	электромагнитным
	1	2	3	4	5	6
I	Поверхностные отклонения:					
	вмятины	0	0	4	0	0
	залив	0	0	4	0	0
	нарост	3	2	2	0	0
	засор	2	2	2	0	0
	повреждения поверхности	2	2	4	3	0
	окисление	0	3	1	2	2
	складчатость	2	2	4	3	0
	грубая поверхность	1	2	4	0	0
	газовая шероховатость	1	1	3	2	0
	внутренних каналов	0	1	5	0	0
	коррозия	0	4	4	4	0
	механические повреждения	0	0	4	0	0
II	Несоответствие по геометрическим параметрам:					
	недолив	3	2	2	2	0
	неслитина	4	2	2	0	0
	перекос	3	3	1	0	0
	обжим	3	3	1	0	0
	перекос стержневой	2	0	1	0	0
незаллив	5	0	2	0	0	
III	Несплошности:					
	пористость					
	графитовая	3	3	0	0	0
	усадочная	4	3	0	2	0
	газовая	4	3	0	0	0
	трещина					
	горячая	3	4	0	2	0
	холодная	2	2	0	1	0
	межкристаллическая	2	4	0	0	0
	внутренняя	0	0	5	0	0
	рванины	0	4	5	4	0
	рыски	0	2	4	4	0
инородные предметы	0	0	5	0	0	
остатки керамики	1	1	5	0	0	

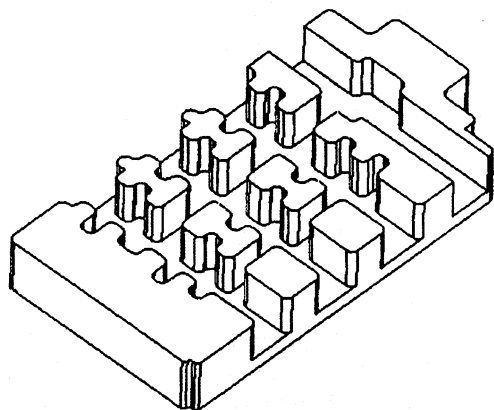


Рис. 2. Схема многоэлементной отливки с разноуровневым расположением контролируемых зон (сечений)

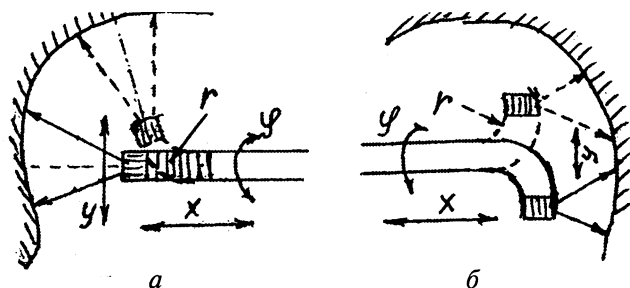


Рис. 3. Схема прямого (а) и бокового (б) обзора

ражения к соответствующему элементу (части) канала. Такие системы управления позволяют реализовывать в оптических устройствах операции контроля с использованием методов автоматизированного сканирования и стробирования. В схеме жесткого неуправляемого эндоскопа б с изменением положения по осям X , Y и углу φ обеспечивается возможность осмотра различных затемненных участков.

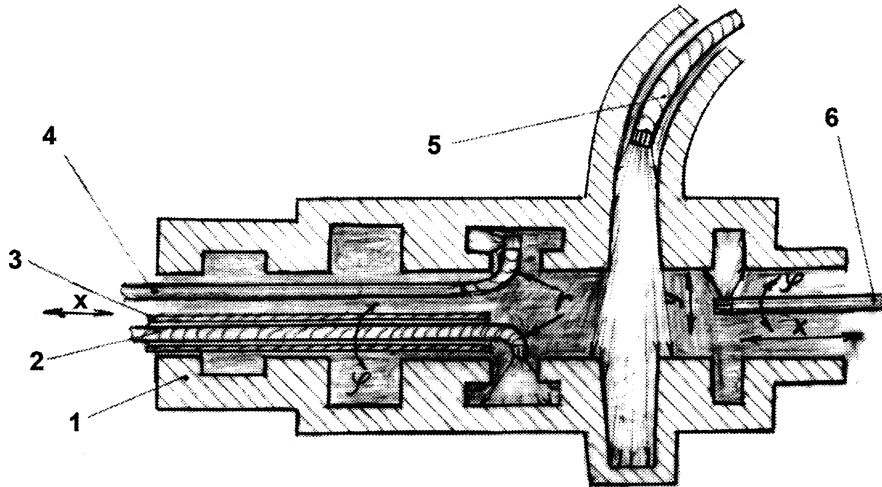


Рис. 4. Имитационная модель технологических каналов для оптического контроля внутренних поверхностей

Оптическая форма отображения дефектируемых участков эффективно реализуется в методах комбинированного контроля. В таких комплексах для возбуждения и проявления источников первичной информации применяются физические эффекты с повышенной чувствительностью и выявляемостью аномальных отклонений. К ним относятся, например, широко используемые вихревые, акустические и капиллярные методы. Для пространственной ориентации и восприятия контрастных зон более рационально применять волоконно-оптические методы и средства, которые формируют, преобразовывают и обеспечивают дистанционную передачу в пункты обработки и хранения. Такое комплексное использование преимуществ физических и технических возможностей одних методов позволяет компенсировать некоторые функциональные ограничения других методов неразрушающего контроля [5, 6].

Эксплуатационные и технологические требования к информационно-преобразовательной технике обуславливают применимость различных схем и измерительных цепей оптического и электронного каналов. При этом на первичном уровне используются более чувствительные тепловые, оптико-механические и другие преобразования; первичная обработка, восприятие, локализация и транспортировка оптической информации осуществляются с помощью волоконно-оптических систем; отображение, обработка, хранение и другие операции информационного процесса выполняются оптико-электронной и микропроцессорной техникой. В таком специфическом учете преимуществ и недостатков отдельных устройств более эффективно реализуется весь информационный процесс контроля и дефектоскопии изделий литейного производства.

Имеющийся опыт практического применения различных методов и средств неразрушающего контроля, наличие высококвалифицированных кадров технологов и испытателей создают пред-

посылки для ускоренного развития и освоения перспективной приборостроительной техники. В современных технологиях и средствах операционного, приемочного и сдаточного контроля эффективно используются преимущества и достижения оптико-волоконной преобразовательной и микропроцессорной техники. Более универсальными являются оптические аналоговые и дискретные преобразователи координат. В бесконтактных координатных преобразователях, построенных по схемам относительных измерений, в большей мере реализуются достоинства абсолютных методов, обеспечивающих улучшенные метрологические и эксплуатационные преимущества.

С учетом конструктивных, технологических и эргономических требований комбинируются различные схемы и параметрические цепи информационных преобразований и средств. При этом на первичном уровне используются более чувствительные спектральные, оптико-механические, электромеханические высокочувствительные преобразователи физических параметров; формирование, локализация, преобразование и дистанционная передача с помощью световодных трактов; обработка, отображение, хранение (анализ) информации осуществляются оптико-электронными и микропроцессорными средствами. В таком пооперационном распределении информационных воздействий более рационально реализуются алгоритм и структура информационного процесса контроля и дефектоскопии.

Эффективное преобразование различных по своей физической природе технологических параметров в унифицированные оптические сигналы обеспечивает некоторую перспективу более широкого применения волоконно-оптических систем в литейном производстве. Визуально-оптические, фотометрические, спектрально-аналитические и другие методы и средства перспективны для контактно-бесконтактного контроля геометрических размеров и формы, уровней и длин, давле-

ний и усилий, структуры и тепловых характеристик различных технологических операций и изделий литейного производства.

Операции технологического контроля отливок и форм отличаются и некоторыми особенностями пространственно-временного распределения первичной информации. С одной стороны, случайные источники такой информации присущи непосредственно материальному объекту с определенными физико-техническими свойствами, т.е. на данном уровне в информационном поле сосредоточивается вся совокупность количественных и качественных характеристик технологического объекта. С другой стороны, техническими средствами эта информация абстрагируется и дистанцируется на другом уровне. Здесь в соответствии с принятым алгоритмом она формализованно отображается, подвергается обработке с последующим представлением в удобной для потребителя форме, хранением и накоплением.

Однако разноуровневое и зональное сосредоточение первичной информации обуславливается и некоторыми конструктивными и технологическими особенностями объекта. При этом несколько ограничивается пространственная неопределенность расположения потенциальных аномальных отклонений, что упрощает алгоритм поиска, структуру информационно-диагностических средств и технологию контроля.

В общем случае в дефектоскопии отливок и форм особую проблему представляют стимуляция первичной информации и формирование информационного поля на контролируемых участках; локализация контрастной зоны; преобразование и передача информации; количественная и качественная оценка характера аномальных отклонений и идентификация дефекта.

Традиционный подход к оценкам и управлению качеством основывается на инженерно-технологических представлениях о формировании качественного изделия. При этом основное внимание уделяется параметрам и свойствам технологического характера и конструктивным особенностям. Здесь определяющими являются операции приготовления и характеристики жидкого металла, свойства формовочных и стержневых смесей, физические режимы литья и т.д.

Однако многообразии и случайный характер дестабилизирующих воздействий (по современным оценкам их более тысячи [8]) усложняют решение задачи управления формированием уровня и разбросом параметров качества отливок, форм и литых изделий. С учетом этого важное значение уделяется системным факторам управления качеством и выявлению их корреляционных связей с качеством на различных стадиях

производства. В такой информационно-кибернетической модели качества, кроме непосредственно технологического процесса, должна учитываться вся совокупность обслуживающих его подсистем и их взаимодействия в производственном процессе.

С учетом случайного пространственно-временного распределения всех системных факторов, их взаимообусловленности и корреляционной связи с обособленными параметрами и критериями необходима оперативная и достоверная первичная информация о состоянии объекта хотя бы по информативным параметрам на различных уровнях управления качеством. При этом важное значение имеет учет специфичных для многоменклатурных производств системно-производственных факторов: переналадка оборудования, удаление отливок из форм, транспортировка, режимы охлаждения, условия хранения изделий и т.д. Статистические методы контроля и анализа способствуют корректировке конструкций, режимов работы, условий хранения и других процедур. Но они не обеспечивают эффективной управляемости производственно-технологического процесса литейного производства, так как не располагают оперативной первичной информацией в реальном времени [5–7, 9].

Литература

1. Технология технического контроля в машиностроении / Под общ. ред. В.Н. Чепурина. М.: Машиностроение, 1998.
2. Ткаченко С.С. Брак литья, его предупреждение и исправление. Л.: Машиностроение, 1982.
3. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. Радиационная, ультразвуковая и магнитная дефектоскопия металлоизделий: Учеб. для ПТУ. М.: Высш. шк., 1991.
4. Ультразвуковой и рентгеновский контроль отливок / Е.А. Гусев, А.Е. Карпельсон, В.П. Потапов и др. М.: Машиностроение, 1998.
5. Плетнев С.В. Волоконно-оптические методы и средства дефектоскопии: Научно-методическое справочное пособие / С.В. Плетнев, А.И. Потапов, А.П. Марков. СПб.: ЛИТА, 2001.
6. Неразрушающий контроль. Россия. 1900–2000 гг.: Справ. / В.В. Ключев, Ф.Р. Соснин, С.В. Румянцев и др.; Под ред. В.В. Ключева. 2-е изд., исправ. и доп. М.: Машиностроение, 2002.
7. Мясникович М.В., Тимошпольский В.И., Андрианов Н.В. Создание наукоемких технологических процессов и агрегатов на Белорусском металлургическом заводе. Инновационная деятельность // Литье и металлургия. 2004. № 4(32). С. 5–12.
8. Пелых С.Г., Вощенко А.И., Пономоренко О.И. и др. Системные факторы в формировании качества отливок // Литье и металлургия. 2004. № 4(32). С. 92–94.
9. Павлов И.В., Потапов А.И., Смирнов Д.Н. Анализ современного состояния и перспективы развития визуально-оптических методов и приборов неразрушающего контроля // Неразрушающий контроль и диагностика окружающей среды, материалов и промышленных изделий: Межвузов. сб. 2001. СПб.: СЗТУ. Вып. 3. С. 179–185.