КОНТРОЛЬ НЕРАЗРУШАЮЩИЙ. КАПИЛЛЯРНЫЙ КОНТРОЛЬ

ТУ-КК-1-19

NON-DESTRUCTIVE TESTING CAPILLARY METHOD

ТУ КК-1-19 распространяются на капиллярный метод контроля основного металла, наплавок и сварных соединений и устанавливают область применения, общие требования к оборудованию, технологической последовательности выполнения операций, оценке качества, обработке и оформлению результатов контроля и требования безопасности в рамках чемпионатов по стандартам WorldSkills

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящие технические условия распространяются на капиллярный метод контроля основного металла, наплавок, отливок и сварных соединений и устанавливают область применения, общие требования к оборудованию, технологической последовательности выполнения операций, оценке качества, обработке и оформлению результатов контроля и требования безопасности в рамках чемпионатов по стандартам WorldSkills.

Капиллярный метод контроля (далее по тексту – КК) основан на проникновении индикаторных жидкостей в полости поверхностных несплошностей материала контролируемых объектов и регистрации образующихся индикаторных следов.

Капиллярный контроль позволяет контролировать объекты любых форм и размеров, изготовленные из непористых ферромагнитных и немагнитных материалов.

Поверхности сварных соединений перед контролем очищаются от влаги, шлака, брызг металла, ржавчины и других загрязнений, препятствующих проведению контроля.

При капиллярном контроле сварных соединений контролируемая зона должна включать в себя поверхность металла шва, а также примыкающие к нему участки основного металла в обе стороны от шва шириной:

-**не менее 5 мм** - для стыковых соединений, выполненных дуговой и электронно-лучевой сваркой при номинальной толщине сваренных деталей до 5 мм включительно;

-**не менее номинальной толщины стенки детали** - для стыковых соединений, выполненных дуговой и электронно-лучевой сваркой при номинальной толщине сваренных деталей свыше 5 до 20 мм;

-**не менее 20 мм** - для стыковых соединений, выполненных дуговой и электронно-лучевой сваркой при номинальной толщине сваренных деталей свыше 20 мм;

-**не менее 5 мм** (независимо от номинальной толщины сваренных деталей) - для угловых, тавровых, торцевых и нахлесточных сварных соединений;

-**не менее 50 мм** (независимо от номинальной толщины сваренных деталей) для сварных соединений, выполненных электрошлаковой сваркой.

В сварных соединениях объектов различной номинальной толщины ширина контролируемых участков основного металла определяется отдельно для каждой из свариваемых деталей в зависимости от их номинальной толщины.

Капиллярный контроль отливок 1 и 2 классов должен проводится по всей доступной для контроля поверхности, всех остальных отливок-в местах, указанных в КД.

2. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОНТРОЛЯ

Капиллярный контроль следует проводить при температуре окружающего воздуха от минус 10 °С до плюс 40 °С и относительной влажности воздуха не более 90%. При подтверждении соответствия дефектоскопических материалов требуемому классу чувствительности допускается следовать требованиям завода-изготовителя на диапазоны температур и влажности (указанным в паспорте или на упаковке)

3. ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ КОНТРОЛЯ

Чувствительность КК определяется по среднему раскрытию неразветвленной трещины длиной не менее 3 мм (таблица 1)

Таблица 1.

Класс чувствительности	Ширина раскрытия трещин на контрольном образце (мкм)
I	Менее 1,0
II	От 1,0 до 10,0
III	От 10,0 до 100,0

Чувствительность контроля, соответствующая определенному классу, достигается при:

- использовании конкретного аттестованного набора дефектоскопических материалов, обладающего требуемой чувствительностью;
- соответствии температуры, влажности требуемым параметрам для правильного использования дефектоскопических материалов и аппаратуры;
- соответствии шероховатости поверхности объектов контроля требованиям набора дефектоскопических материалов, а также удалении загрязнений с поверхности объектов контроля.

4. ПОДГОТОВКА К КОНТРОЛЮ

4.1. Средства контроля

Для проведения КК применяются дефектоскопические материалы в виде наборов, в которые входят: индикаторный пенетрант, очиститель, проявитель. Не рекомендуется использовать материалы из различных наборов.

Перед применением дефектоскопических материалов рекомендуется провести проверку срока годности и соответствия набора заданному классу чувствительности (про-

водится на контрольных образцах). Качество дефектоскопических материалов проверяется на контрольном образце проведением полного цикла капиллярного контроля в реальных условиях нахождения объекта контроля. Индикаторный след на контрольном образце должен быть идентичен изображению индикаторного следа на фотографии в паспорте контрольного образца. При этом следует зафиксировать время выдержки образца под пенетрантом и проявителем, соответствующее идентичности индикаторных следов. Для фиксации времени следует использовать секундомер.

Контрольный образец представляет собой стальную пластину с искусственной, одиночной, тупиковой трещиной с шириной раскрытия в соответствии с заданным классом (таблица 1). Класс чувствительности контрольных образцов должен быть не ниже класса чувствительности проверяемых наборов.

При капиллярном контроле для местного освещения используются лампы накаливания или люминесцентные лампы, удовлетворяющие требованиям электро- и пожаробезопасности. В рамках данных ТУ следует применять комбинированное освещение (использовать дополнительный источник света). Значение освещенности в зоне контроля должно быть не менее 750 лк при общем освещении и 2500 лк при комбинированном.

Для проверки соответствия условий в помещении (освещенности, температуры и влажности) требованиям данных ТУ, следует использовать термогигрометры (измерители влажности и температуры) и люксметры.

В процессе контроля используются безворсовые, мягкие, хлопчатобумажные ткани бязевой группы (ветошь). КК выполняется на рабочем месте, оборудованном системой вытяжной вентиляции, и необходимыми средствами контроля.

Для общего осмотра объектов контроля и поиска индикаторного рисунка несплошностей используются лупы просмотровые 2-7-кратного увеличения. Для определения размеров индикаторных следов и их координат используются лупы измерительные, штангенциркули, линейки и рулетки.

4.2. Подготовка контролируемой поверхности

Качество подготовки контролируемой поверхности определяется визуально, перед проведением контроля. На контролируемой поверхности не должно быть ржавчины, краски, окалины и других загрязнений, мешающих проникновению проникающей жидкости в полости дефектов. Шероховатость контролируемой поверхности проверяется по образцам шероховатости, и должна быть не хуже Rz 20 мкм (Ra 3,2 мкм).

Перед проведением контроля следует выполнить обезжиривание контролируемой поверхности путем протирки безворсовой тканью, смоченной очистителем, затем чистой хлопчатобумажной салфеткой. При обнаружении следов загрязнений на поверхности салфетки повторить обезжиривание.

При необходимости (отсутствии) должна быть выполнена разметка контролируемого элемента (образца), при этом задаются начало и направление отсчета координат X и Y. Направление координаты X при контроле сварных соединений выбирается вдоль сварного шва. При наличии разметки измерения координат индикаторных следов следует проводить от заданной точки отсчёта, если отсутствуют особые требования, определяемые Конкурсным заданием.

5. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ КОНТРОЛЯ

Основными этапами проведения капиллярного контроля являются:

- подготовка объекта к контролю;
- обработка объекта дефектоскопическими материалами;
- проявление дефектов;
- обнаружение дефектов и расшифровка результатов контроля;
- окончательная очистка объекта.

Нанесение дефектоскопических материалов на контролируемую поверхность проводится одним из способов, в зависимости от применяемого набора - аэрозольное распыление или нанесение кистью. Не рекомендуется допускать высыхание индикаторного пенетранта на поверхности. Нанесение пенетранта на контролируемую поверхность проводить не более чем через 30 минут после окончания очистки. Время выдержки пенетранта должно соответствовать времени, установленному по контрольному образцу, но не менее 5 минут.

Удаление индикаторного пенетранта производится чистой ветошью, смоченными очистителем. Полнота удаления индикаторного пенетранта определяется визуально. При этом пенетрант должен быть удален до отсутствия окрашенного фона. Общее время удаления пенетранта с поверхности контролируемого объекта и до нанесения проявителя не должно превышать 5-10 мин.

Нанесение проявителя производится тонким равномерным слоем, сразу после очистки контролируемой поверхности, при этом следует избегать образования проблесков металла, подтеков и наплывов проявителя. Баллон с проявителем перед использованием

необходимо встряхивать в течение 0,5-1 минуты. Наносить проявитель на контролируемую поверхность следует с расстояния 200-300 мм.

Осмотр контролируемой поверхности проводится через 15-20 мин после высыхания проявителя. При осмотре следует использовать лупу просмотровую 2-7-кратного увеличения. Индикаторные следы при наличии дефектов на контролируемой поверхности подразделяются на две группы:

- **протяженные** - индикаторные следы с отношением их максимальной длины к максимальной ширине более 3 (характерно для трещин, подрезов, близко расположенных пор и скоплений);
- **округлые** - индикаторные следы с отношением их максимальной длины к максимальной ширине до 3 включительно (характерно для пор, свищей, включений).

Индикаторный след считается одиночным, если минимальное расстояние от его края до края любого другого соседнего индикаторного следа более максимальной ширины каждого из двух рассматриваемых индикаторных следов, и более максимального размера (длины) индикаторного следа с меньшим значением этого показателя (из двух рассматриваемых). В противном случае, два соседних индикаторных следа необходимо рассматривать, как один индикаторный след. Измерение координат и размеров индикаторных следов следует проводить через 20 минут после нанесения проявителя.

При наличии дополнительных указаний и/или при возникновении сомнительных индикаций, индикаторный след можно удалить и провести визуальный осмотр поверхности с применением лупы 2-7-кратного увеличения (контроль и оценка по фактическим характеристикам).

Окончательная очистка объекта контроля должна проводится любым способом, не вызывающим коррозионного воздействия.

6. НОРМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА

Оценка качества сварных соединений при капиллярном контроле в рамках данных ТУ проводится по индикаторным следам, при этом качество контролируемого объекта считается удовлетворительным при одновременном соблюдении следующих условий:

- индикаторные следы являются округлым, т.е. протяженные индикаторные следы отсутствуют;
- Наибольший размер каждого индикаторного следа и их количество не превышают норм, указанных в Приложении 1.

Размерные показатели, по которым проводится оценка качества сварных соединений приведены в таблице 2.

Таблица 2

<table>
<tr><th colspan="4">Тип сварных соединений</th></tr>
<tr><th colspan="2">Стыковые</th><th>Угловые, тавровые и нахлесточные</th><th>Торцевые</th></tr>
<tr><th>детали одинаковой толщины*</th><th>детали различной толщины</th><td rowspan="2">по расчетной высоте углового шва</td><td rowspan="2">по удвоенной номинальной толщине более тонкой детали</td></tr>
<tr><td>по номинальной толщине сваренных деталей</td><td>по номинальной толщине более тонкой детали</td></tr>
<tr><td colspan="4">*Для стыковых сварных соединений деталей с расточкой размерным показателем является толщина стенки в месте расточки.</td></tr>
</table>

7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ

Результаты капиллярного контроля фиксируются в учетной (журнал регистрации результатов контроля) и отчетной (заключения, дефектограммы) документации. Рекомендуемые (но не обязательные) формы отчетной документации приведены в приложении 2. При составлении ТК следует указывать конкретное значение размерного показателя для выбора норм оценки качества.

При записи размеров индикаторных следов следует использовать формат ***b*** x ***h***, где ***b***-длина, ***h***-ширина индикаторного следа, под длиной и шириной понимаются размеры прямоугольника, в который может быть вписан индикаторный след (приложение 1)

8. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

К выполнению работ по капиллярному контролю допускаются лица, прошедшие обучение по технике безопасности и специальный инструктаж по правилам электробезопасности и пожарной безопасности, усвоившие правильные и безопасные методы работы. Рабочее место должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией и местными вытяжками не менее чем с трехкратным обменом воздуха. На месте проведения работ не допускаются курение и наличие открытого огня. Все горючие вещества необходимо хранить в специальных металлических шкафах. Все работы по контролю необходимо проводить в средствах индивидуальной защиты (халат х/б, резиновые перчатки, респиратор, очки)

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КАПИЛЛЯРНОГО КОНТРОЛЯ.

Не учитываются: округлые индикаторные следы с наибольшим размером до 0,6 мм вкл. в основном металле и сварных соединениях и размером до 1,0 мм в отливках.

На рисунке 1 представлены схемы определения размеров индикаторных следов.

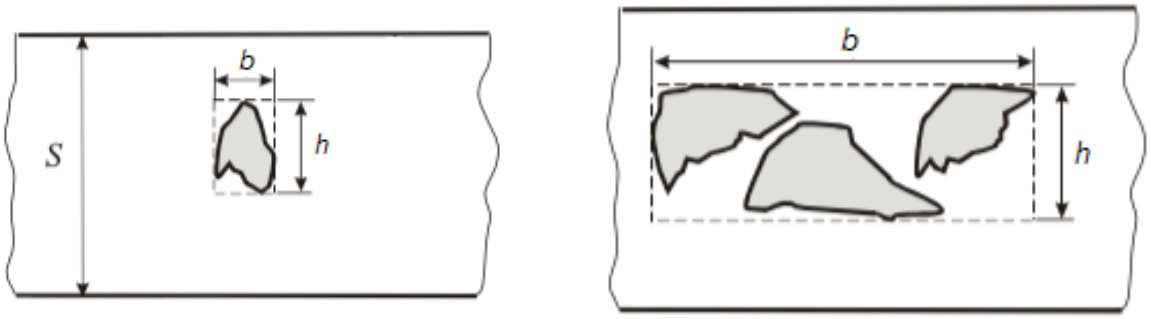

Рис.1

Нормы допустимости индикаторных следов в основном металле (в том числе поковках) приведены в таблице 3.

Класс дефектности (задается КД)	Толщина материала, мм	Максимально допустимый размер индикаторного следа	Максимально допустимое количество на стандартном участке поверхности
1	независимо	0,6	-
2	до 30	$0{,}1 \times S$, но не более 2,0	3
	свыше 30	3,0	5
3	до 30	$0{,}2 \times S$, но не более 3,0	5
	свыше 30	5,0	8
4	до 30	$0{,}2 \times S$, но не более 3,0	8
	свыше 30	9,0	10
1. В антикоррозионной наплавке 1-3 классов дефектности индикаторные следы размером более 0,6 мм не допускаются, для 4 класса допускаются одиночные округлые индикаторные следы размером до 3 мм не более 4 шт. на стандартном участке 100х100 мм, и не более 8 шт. на участке 200х200 мм. 2. Стандартный участок при толщине металла до 30 мм – участок основного металла 100х100 мм, при толщине металла свыше 30 мм – участок основного металла 300х300 мм.			

Для сварных соединений наибольший размер каждого индикаторного следа и их количество не должны превышать трехкратных значений (для размеров) норм для одиночных включений. Нормы допустимости одиночных поверхностных включений и пор для сварных соединений приведены в табл.4. При контроле кромок под сварку следует применять нормы оценки как для готового сварного соединения.

Таблица 4

Размерный показатель[3], мм	Допускаемый наибольший размер включения в сварных соединениях[1,2], мм	Максимально допускаемое число включений на любых 100 мм протяженности сварного соединения
До 2 включительно	0,3	2
Свыше 2 до 3 включительно	0,4	3
Свыше 3 до 4 включительно	0,5	4
Свыше 4 до 5 включительно	0,6	4
Свыше 5 до 6 включительно	0,8	4
Свыше 6 до 8 включительно	1,0	5
Свыше 8 до 10 включительно	1,2	5
Свыше 10 до 15 включительно	1,5	5
Свыше 15 до 20 включительно	2,0	6
Свыше 20	2,0	6

1. Включения с наибольшим фактическим размером до 0,2 мм не учитываются вне зависимости от номинальной толщины сварных деталей как при подсчете числа одиночных включений, так и при рассмотрении расстояния между включениями.
2. Любую совокупность включений (одиночных скоплений, группа включений), которая может быть вписана в квадрат с размером стороны не превышающим значения допускаемого максимального размера одиночного включения, допускается рассматривать как одно сплошное включение.
3. Размерный показатель в соответствии с таблицей 2 настоящих ТУ

В отливках не допускаются:

- Любые округлые индикаторные следы размером более 30% величины толщины стенки отливки для стенки толщиной до 15 мм включительно;
- Любые округлые индикаторные следы размером более 5,0 мм для стенки толщиной более 15 мм;
- Более трех индикаторных следов, расположенных на одной линии на расстоянии менее 2,0 мм друг от друга (по кромкам)
- Более девяти индикаторных следов в любом прямоугольнике площадью 40,0 см^2, наибольший размер которого не превышает 150,0 мм.

При капиллярном контроле существует вероятность возникновения ложных индикаторных следов. Причинами их возникновения могут служить, например:

- незначительные повреждения поверхности объекта – дефекты с размерами менее нормируемых (риски, заусенцы, забоины, следы коррозии);

- изменения формы контролируемой поверхности, обусловленные особенностями их конструкции или технологией изготовления, наплывы, уступы и др.;

- загрязнения поверхности – следы покрытий, окрашенные волокна ветоши; следы высохшей проникающей жидкости при плохой промывке поверхности; следы пальцев рук или загрязненных перчаток.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПРОТОКОЛ / ЗАКЛЮЧЕНИЕ
по результатам капиллярного контроля образца
№_____

Объект контроля	
Тип сварного соединения	
Материал основного металла	
Способ сварки	
Объём контроля, %	
Нормативная документация	
Используемые средства контроля	
Условия проведения контроля	

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ							
№ п/п	Тип индикаторного следа	Координаты*, мм				Размеры, мм	Соответствие нормам оценки качества (да / нет)
		X_1	X_2	Y_1	Y_2		

*X_1, X_2 – начало и конец индикаторного следа вдоль оси X
Y_1, Y_2 – начало и конец индикаторного следа вдоль оси Y

ЗАКЛЮЧЕНИЕ О КАЧЕСТВЕ _____
(годен / не годен)

ДЕФЕКТОГРАММА

*Дефектограмма должна содержать необходимые параметры (точка отсчета, оси координат, схематичное изображение, нумерацию индикаторных следов, соответствующую заключению) для однозначной идентификации координат обнаруженных индикаторных следов