

В.Г.Черниченко, М.Д.Куцыгин, В.К.Спиняков

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЗАГОТОВОК В УСЛОВИЯХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Целью работы является изучение возможности использования неразрушающего контроля качества металлопродукции с помощью ультразвуковой установки в условиях современного металлургического предприятия. Использование эхо-импульсного метода для испытания заготовок сечением 150x150 мм позволяет достаточно хорошо выявлять дефекты типа шлаковых включений, усадочной раковины, внутренних трещин и разрывов, расслоений. Анализ результатов ультразвукового контроля позволяет оценить уровень технологии производства и качества проката, определить ряд технических и организационных мер, обеспечивающих конкурентоспособность продукции.

металлургическое предприятие, металлопродукция, дефекты, неразрушающий контроль, качество проката

Современное состояние вопроса. В начале 90-х годов в сортопрокатном цехе № 3 на меткомбинате «Криворожсталь» (ныне ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог») при участии Института черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины (ИЧМ) был введен в эксплуатацию участок дефектоскопии заготовки. Дефектоскопия включает комплекс оборудования, состоящий из правильной машины, устройства контроля кривизны заготовок, машины дробеструйной очистки поверхности заготовок от окалины, прибора контроля плавочного химсостава «Магнетест», магнитографической электронной установки контроля поверхностных дефектов и ультразвуковой установки контроля. Ультразвуковая установка (УЗУ) типа KNU/02 фирмы «Крауткремер» (Германия) предназначена для обнаружения и маркировки внутренних дефектов в стальных заготовках квадратного сечения размерами 150x150 мм длиной 8–12 мм. Испытания заготовок производят эхо-импульсным методом. Упругие колебания вводятся в перемещающуюся заготовку двумя независимыми испытательными головками, расположенными под углом 90° одна к другой. Для возбуждения и преобразования упругих колебаний используются кварцевые пьезоэлектрические преобразователи (передатчик и приемник), смонтированные в каждой совмещенной испытательной головке.

Ультразвуковой контроль эхо-импульсным методом осуществляется согласно ГОСТ 21120 (Прутки и заготовки круглого, квадратного и прямоугольного сечения), который распространяется на заготовки для переката круглого, квадратного сечения размерами от 80 до 300 мм из углеродистых, легированных и высоколегированных сталей и сплавов. Использование эхо-импульсного метода для испытания заготовок сечением 150x150 мм позволяет достаточно хорошо выявлять дефекты типа шлаковых включений, усадочной раковины, внутренних трещин и разрывов,

расслоений. Удовлетворительно выявляются скопления газовых пузырей, наличие пор. К сожалению, эхо-импульсный метод контроля не позволяет определить конкретный характер дефекта, для чего необходимо исследовать макроструктуру металла.

На рис.1 представлена схема подвода испытательных головок 1 и 1' к заготовке 2. Ввод упругих волн в контролируемую заготовку и прием отраженных сигналов осуществляется через промежуточную среду. В качестве промежуточной среды используется вода, которая подается четырьмя струями через патрубки в щель между испытательными головками и поверхностями заготовки. Толщина щели 0,2–0,4 мм. Испытательные зоны показаны на рис.1 штриховкой. В каждом конкретном случае они заканчиваются на расстоянии 15 мм от плоскости подачи звука и около 5 мм от наружной плоскости. Ширина испытательных зон в среднем составляет около 15 мм. Контролируемая заготовка 2 с помощью системы роликов удерживается в течение всего времени испытания на одном расстоянии от стенок желоба 3, в котором смонтированы испытательные головки. Это обеспечивает постоянство зазора между ними и плоскостями заготовки на протяжении всего времени перемещения заготовки вдоль испытательных головок. В процессе испытания заготовка перемещается со скоростью 1 м/сек. Это обеспечивает надежный ввод упругих колебаний по всей ее длине, надежную регистрацию наличия внутренних дефектов и маркировку их расположения.

Постановка задачи. Для практической проверки действия УЗУ и выбора чувствительности настройки каждой испытательной головки в соответствии с размером допускаемого дефекта и глубиной его залегания фирмой «Крауткрамер» предложена тестовая (контрольная) заготовка с искусственно выполненными дефектами. Тестовая заготовка квадратного поперечного сечения размерами 150х150 мм, длиной 7 м и массой около 1500 кг изготовлена из углеродистой стали текущего производства. Испытания заготовки ручными дефектоскопами показали, что в ней отсутствуют внутренние дефекты (неплотности металла). Посредине одной из плоскостей тестовой заготовки просверлены глухие плоскдонные отверстия диаметром 2, 3 и 5 мм на глубину 38, 75 и 112 мм. Схема расположения искусственного дефекта 5 по отношению к испытательным головкам 1 и 1' показана на рис.1.

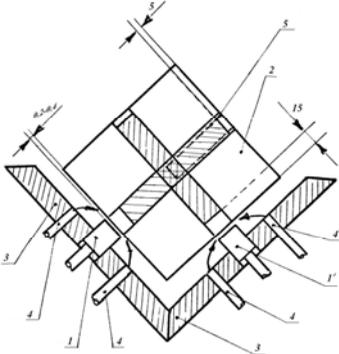


Рис.1. Тестовая заготовка для ультразвуковой установки (обозначения в тексте)

Искусственный дефект 5 является отражателем от боковой поверхности для испытательной головки 1' и отражателем от плоского дна для испытательной головки 1. Настройку двух головок осуществляют раздельно по каждому отверстию на размер отверстия и глубину его залегания следующим образом. Над испытательной головкой устанавливают торец отверстия, например диаметром 3 мм, и осуществляют настройку на отраженный сигнал от дефекта, который виден на экране прибора. Высоту амплитуды устанавливают на $3/5$ высоты экрана. После этого устанавливают над испытательной головкой отверстие меньшего диаметра, например 2 мм и выполняют проверку. Высота амплитуды сигнала дефекта должна быть меньше $3/5$ высоты экрана или же совсем отсутствовать. Точно так же настраивают другую испытательную головку. Аналогично осуществляется настройка на дефект любой другой требуемой величины.

Для проверки и настройки зоны испытания заготовки или глубины залегания дефекта, испытательную головку устанавливают перпендикулярно отверстию максимальной глубины, например 112 мм. Сигнал амплитуды дефекта тоже должен быть виден на экране. Если же сигнал отсутствует, то изменяют чувствительность прибора до появления сигнала экрана. Затем повторно настраивают прибор на величину дефекта.

Основные трудности, возникающие в процессе изготовления и эксплуатации тестовой заготовки, заключаются в следующем. Отражатели в виде отверстий с плоским дном, перпендикулярным к оси ультразвукового пучка, являются наиболее приемлемыми для эталонирования чувствительности, однако при выполнении сверлений диаметром 2–3 мм на глубину до 112 мм возникают практические трудности. Настройка УЗУ с помощью рекомендованной фирмой–изготовителем тестовой заготовки требует повышенных затрат времени, связанных с многократными прогонами заготовки мимо испытательных головок и отключением при этом ряда блокирующих устройств в системе автоматики линии дефектоскопии. В связи с этим Институтом была предложена новая конструкция тестовой заготовки, которая представляет собой брусок (образец) квадратного сечения размерами 150x150 мм, длиной 200 мм и массой 35 кг [Куцыгин М.Д., Черниченко В.Г., Онушкевич Г.Ф. А.С. СССР № 1260804. Испытательный образец для настройки ультразвуковой аппаратуры / Бюл. № 36, 1986]. Предложенная тестовая заготовка может помещаться в желоб 3 УЗУ (см. рис.1) вручную или с помощью цепной тали.

На рис.2 изображена предлагаемая тестовая заготовка (испытательный образец) для ультразвуковой аппаратуры (разрез).

Образец выполнен в виде прямоугольного параллелепипеда 1 с плоскостными отверстиями 2 и 3, оси которых перпендикулярны. Он содержит телескопические трубки 4 и 5 с центральным стержнем 6 во внутренней трубке 5, установленные в отверстиях 2, и набор сменных заглушек 7, 8, 9 и 10, установленный в отверстии 3. Контактные поверхности элемен-

тов образца отшлифованы, а акустический контакт между ними осуществляется за счет нанесения на них контактной смазки.

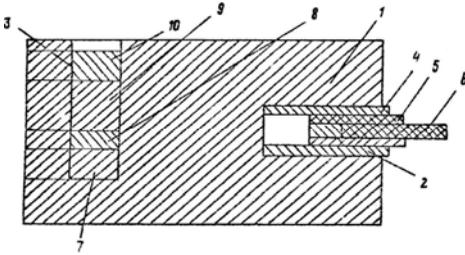


Рис.2. Испытательный образец для ультразвуковой установки [1]

Предлагаемый испытательный образец используют следующим образом. Для настройки ультразвуковой аппаратуры на дефект заданного размера в отверстие 2 вводят соответствующее количество телескопических трубок, а бездефектное состояние может быть смоделировано путем дополнительного введения в отверстие стержня 6. При настройке ультразвуковой аппаратуры на заданную глубину залегания дефектов в отверстие 3 помещают заглушку соответствующей высоты или соответствующее количество заглушек. Снижение времени настройки УЗУ при использовании предлагаемой тестовой заготовки происходит за счет того, что для получения на экране осциллографа сигнала отраженного от искусственного дефекта, перемещают не собственно заготовку, а ее детали – заглушки или трубки. При этом не происходит смещения дефекта по отношению к преобразователю той или иной испытательной головки. Это, кроме прочего, позволяет повысить точность настройки. Так при наличии достаточно широкого набора заглушек разной толщины и диаметра, можно с любой точностью настраивать ширину испытательных зон, устанавливать размер и глубину залегания допустимого дефекта в зависимости от назначения контролируемой партии проката.

Контроль внутренних дефектов проводили при испытании проката промышленной плавки из стали 20кп, предназначенного для холодной высадки.

Чувствительность прибора настраивали с помощью предлагаемой тестовой заготовки с глухонным отражателем диаметром 3 мм и глубиной 75 мм.

Результаты исследования. Исследование внутренних дефектов на 4^х заготовках одного слитка показало, что протяженность отмеченных на них дефектов составляла 100–250 мм. На головной заготовке отмечен один дефект, на второй – тоже один, на третьей – 3. На донной заготовке отмечено 6 дефектов. Оценка макроструктуры темплета, отобранного на расстоянии 0,71...0,95 мм от заднего конца 2-ой заготовки, показала, что общая пористость составляет 2,5 балла, а пятнистая ликвация – 3 балла. По сечению темплета наблюдаются мелкие неметаллические включения.

Оценка макроструктуры темплета, отобранного на расстоянии 0,49...0,61 м от переднего конца донной заготовки (рис.3), показала, что общая пористость составляет 4,5 балла. По сечению темплета наблюдаются

ся грубые неметаллические включения и тонкие трещины в центре. Темплет с дефектом, отобранный от этой же заготовки на расстоянии 2,41...2,52 м от переднего конца, в поперечном сечении имеет грубые неметаллические включения. Общая пористость – 3,5. Центральная пористость на всех темплетах оценивалась в один балл.

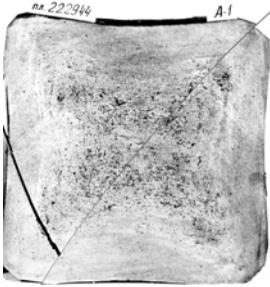


Рис.3. Макроструктура поперечного сечения темплета донной заготовки

Оценке макроструктуры был подвергнут также темплет с дефектом протяженностью около 800 мм. Он был порезан на 6 образцов. Анализ макроструктуры вырезанных образцов показал, что на всем протяжении отмеченного дефекта наблюдается усадка, заполненная шлаком подусадочная рыхлость. По мере удаления от начала разметки дефекта изменяется степень усадки.

Один из образцов протяженного дефекта был подвергнут металлографическому исследованию.

Внешний вид дефекта представлен на рис.4,а. Дефект представляет собой несплошность в виде трещины изогнутой формы.

Металлографические исследования образца, вырезанного из дефектного участка темплета, показали, что дефект представляет собой раскатунную круглую полость, заполненную шлаком.

На рис.4,б,в представлена микроструктура металла вблизи шлаковых включений.

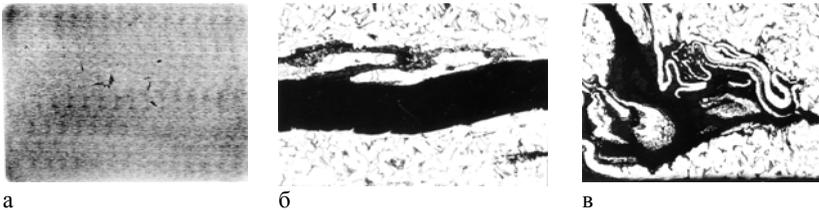


Рис.4. Дефекты на заготовке сечением 150x150 мм из стали марки 20кп: а) – внешний вид; б) – микроструктура шлакового включения (в продольном разрезе); в) – микроструктура шлакового включения (в поперечном разрезе)

Исследования подтвердили возможность использования эхоимпульсного метода для выявления внутренних трещин шлаковых включений, скоплений грубых неметаллических включений с достаточной точностью. Оценка общей пораженности внутренними дефектами проката исследуемой плавки из стали 20кп, показала, что запороченность составляет 4,6 % суммарной длины 63 заготовок (при средней длине короткого дефекта 200 мм). Однако, многие дефекты расположены далеко от концов

заготовки и не могут быть удалены без снижения допустимой длины заготовки, в связи с чем реальная отсортировка заготовок составила бы при промышленном контроле около 24 %.

Заключение. Анализ результатов исследований показал, что по согласованию с потребителями можно уменьшить чувствительность установки за счет настройки ее на отражатели большего размера. При испытаниях опытной плавки надежному контролю были подвергнуты лишь 38 % заготовок (работали обе испытательные головки), 43 % заготовок контролировали одной испытательной головкой и 19 % – не были подвергнуты контролю из-за отсутствия контакта между испытательными головками и поверхностью заготовок.

При промышленном контроле плавок, предназначенных для холодной высадки, необходимо отсортировать заготовки, имеющие длину дефекта более 700 мм, если этот дефект не может быть удален без нарушения допустимой длины заготовки. Удаленный дефект в каждом случае целесообразно исследовать для выяснения его природы с целью последующей технологии выплавки и разливки стали.

Анализ результатов ультразвукового контроля позволяет оценить уровень технологии производства и качества проката, определить ряд технических и организационных мер, обеспечивающих конкурентоспособность продукции.

При резком сокращении спроса на традиционную продукцию предприятие ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» могло бы расширить портфель заказов за счет организации производства квадратных заготовок сечением 150x150 мм и 125x125 мм из качественных сталей с использованием линии дефектоскопии, в частности ультразвукового контроля.

Статья рекомендована к печати:

Ответственный редактор

раздела «Организация научных исследований и производства»:

академик НАН Украины В.И.Большаков

докт.техн.наук, проф. В.В.Парусов

В.Г.Черніченко, М.Д.Куцигін, В.К.Спіняков

Ультразвуковий контроль якості заготовок в умовах металургійного підприємства

Метою роботи є вивчення можливості використання неруйнівного контролю якості металопродукції за допомогою ультразвукової установки в умовах сучасного металургійного підприємства. Використано ехо-імпульсний метод для контролю якості заготовок перетином 150x150 мм, що дозволяє достатньо надійно виявляти дефекти типу шлакових включень, усадкової раковини, внутрішніх тріщин і розривів, розшарувань. Аналіз результатів ультразвукового контролю дозволяє оцінити рівень технології виробництва і якості прокату, визначити ряд технічних і організаційних заходів, що забезпечують конкурентоспроможність продукції.