

В статье представлены особенности разработки и использования блочно-иерархического описание конструкции современных кузовов железнодорожных полувагонов.

**Ключевые слова:** полувагоны, проектирования кузовов, формализованное описание.

In the article the features of development and use are presented block-hierarchical description of construction of modern baskets of railway freight gondolas.

**Keywords:** freight gondolas, planning of baskets, formalizovannoe description.

УДК 620.179.17

**К.Л. НОЗДРАЧОВА**, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПИ», Харків

## ОСОБЛИВОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЮ ПРОТЯЖНИХ ВИРОБІВ

Проаналізовано особливості проведення ультразвукового методу неруйнівного контролю довгомірних виробів, наведено методики контролю прутків по різних схемам. Розглянуто реалізацію стандартних зразків підприємств, які застосовуються для настроювання приладів для контролю прутків. Виділено напрямки вдосконалення розглянутого виду контролю.

**Ключові слова:** ультразвуковий контроль, довгомірні вироби, дефект.

У результаті окремих порушень технологічного процесу при прокатці, можлива поява різного роду дефектів, виявлення яких є досить складною інженерною задачею. Основним НТД в Україні та країнах СНД з УЗ контролю прутків і заготовок круглого, квадратного й прямокутного перерізу є ГОСТ 21120-75 [1]. Він регламентує луна-імпульсний, тіньовий і дзеркально-тіньовий методи ультразвукового контролю металу, або їх поєднання. Такі види контролю виконують поздовжніми й поперечними хвилями, хоча схема контролю поперечними хвилями не визначено. Для настроювання чутливості дефектоскопа застосовують стандартні зразки підприємства (СЗП) зі штучними відбивачами за методикою [2] у вигляді бічних циліндричних або плоскодонних отворів.

Для прозвучування заготовок [3, 4] датчик встановлюється таким чином, щоб можна було контролювати весь об'єм металу, з використанням ультразвукового методу контролю. При цьому заготовки квадратного перерізу прозвучуються з двох взаємно перпендикулярних граней, круглі заготовки – по утворюючій [3]. При використанні похилих перетворювачів сканування робиться у двох напрямках, перпендикулярних утворюючій круглої заготовки й довжині прямокутної [1-4].

При оцінці допустимості дефекту враховуються амплітуда луна-сигналу від нього в порівнянні з амплітудою луна-сигналу від штучного відбивача й умовну довжину, спосіб виміру якої стандарт не визначає [1]. За результатами контролю було встановлено чотири групи якості. Відповідно до першого з них прутки не повинні містити дефектів з амплітудою луна-сигналу, більшою, ніж від штучних відбивачів, і довжиною  $> 20$  мм. Відповідно до інших груп якості прутки можуть містити дефекти, амплітуда луна-

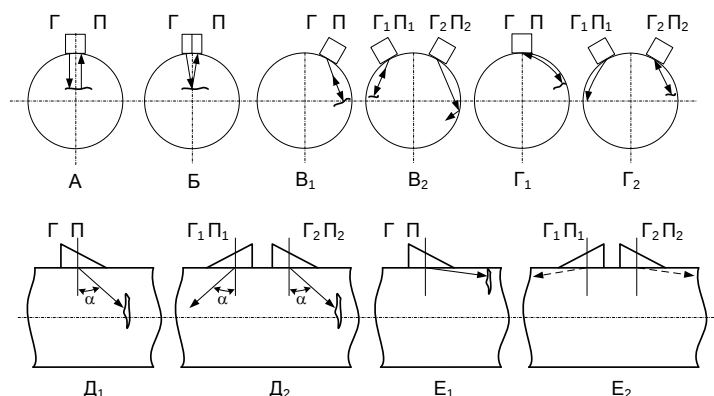


Рис. – Методика контролю прутків по різних схемам: Г – випромінювач, з'єднаний з генератором УЗ хвиль; П – приймач УЗ хвиль

сигналу від яких більше, ніж від штучних відбивачів [3, 4].

На практиці контролю прутків задовільно показали себе наступні схеми (рис.): поздовжніми хвилями із застосуванням сполученого перетворювача (схема А); поздовжніми хвилями із застосуванням РС перетворювача (Б); зсувними хвилями в площині поперечного перерізу прутка сполученим перетворювачем (В1 й В2); зсувними хвилями в площині уздовж осі прутка сполученим перетворювачем (Д1 і Д2); поверхневими хвилями в площині поперечного перерізу прутка сполученим перетворювачем (Г1 і Г2); поверхневими хвилями в діаметральній площині прутка сполученим перетворювачем (Е1 й Е2) [1]. Характеристики й застосовність схем контролю наведено в табл.

Таблиця – Схеми контролю прутків

| Схема контролю | Діаметр прутка, мм | Типи хвиль | Тип ПЕП   | Характер виявлення дефектів                 |
|----------------|--------------------|------------|-----------|---------------------------------------------|
| А              | 40...230           | Поздовжні  | Суміщений | Внутрішні дефекти                           |
| Б              | 20...230           |            | РС        |                                             |
| В1 та В2       | 10...230           | Зсувні     | Суміщений | Внутрішні та підповерхневі                  |
| Г1 та Г2       | 10...230           | Поверхневі |           | Поверхневі та поверхневі вздовж вісі прутка |
| Е1 та Е2       | 10...230           |            |           | Внутрішні поперек вісі прутка               |
| Д1 та Д2       | 10...60            | Зсувні     |           |                                             |

Аналіз схем контролю та даних, наведених в таблиці 1 показує, що продуктивність їх використання при дефектоскопії є недостатньою, що обумовлено необхідністю сканування всієї поверхні виробу.

Можна зробити висновок, що для контролю тонких прутків діаметром від 2 до 5 мм раціонально застосовувати нормальні хвилі, які поширюються у напрямку довжини стрижня й утворюють систему стоячих хвиль у поперечному перерізі [5]. Ці хвилі іноді називають хвилями Похгаммера. Для стрижнів з різною формою поперечного перерізу (круглих, квадратних і т.д.) будують свої системи дисперсійних кривих, виділяючи симетричні й несиметричні моди. Поширюючись тільки в одному напрямку (уздовж прутка), хвилі Похгаммера плоскі й послабляються лише за рахунок загасання в матеріалі об'єкту контролю [6]. Загасання нульової моди  $s_0$  хвилі Похгаммера в області мінімальної дисперсії швидкості (на низькій частоті), обумовлене внутрішніми втратами, невелике, що дозволяє спостерігати серію багаторазових відбиттів у досить протяжних прутках. Крім симетричних і несиметричних хвиль у стрижні або трубі може поширюватися крутильна хвиля [5, 6]. Вид коливань у ній – поворот навколо осі деякого перерізу стрижня або труби. Ця хвиля не є нормальною.

Нормальні хвилі можуть відбиватися не тільки від дефектів, але й від наявних на поверхні крапель рідини, бруду й т.п. Крім того, недоліком такого контролю нормальними хвилями є наявність великої мертвої зони [7]. Специфічною особливістю практичного використання перетворювачів електромагнітного типу для збудження й приймання ультразвукових хвиль у металевих листах є однобічний доступ до поверхні листа. При цьому, звичайно, здійснюється одночасне збудження

(реєстрація) нормальних хвиль, симетричних і антисиметричних відносно серединної поверхні листа. Як правило, це хвилі Лемба. У дуже рідких випадках – горизонтально-зсувні хвилі. У цій ситуації виникає питання про відносні рівні енергії, котра переноситися симетричною й антисиметричною складовими хвильового поля. Якщо в деякому діапазоні цих частот ці рівні порівнянні, то виникають істотні викривлення форми імпульсного сигналу, оскільки фазова й групова швидкості всіх без винятку антисиметричних мод піддаються частотній залежності. Ці дисперсійні викривлення можуть приводити до появи неправильних сигналів, які при дефектологічних дослідженнях металевих листів найчастіше інтерпретуються як свідчення дефектів суцільності контрольованого виробу. Фальшиві ультразвукові імпульси, що виникають через частотну дисперсію антисиметричної складової хвильового поля, можуть служити причиною невиправданого вибракування листового металопрокату й навпроти, можуть маскувати відбиті від реальних дефектів сигнали, тобто можуть служити причиною пропуску дефектного виробу. Це пояснюється дисперсією нормальних хвиль, що приводить до збільшення тривалості імпульсу й зниженню роздільної здатності методу.

Такий вид контролю ускладнюється, якщо діаметр стрижня більше 8 мм через те, що з'являється безліч симетричних й асиметричних дисперсійних мод хвиль із яких складно виділити нульову, що є інформативною [7]. Тому, використання об'ємних хвиль є більш доцільним при контролі стрижнів.

Контроль протяжних виробів товщиною від 50 мм і більше проводиться прямим, роздільно-сполученим і похилим перетворювачами [1]. Для зручності контролю вироб, що має більшу площу, розмічають за допомогою швидкозсихаючої фарби на ділянки, які контролюють послідовно [4]. Пошук дефектів ведуть шляхом переміщення перетворювача по поверхні виробу або виробу щодо перетворювача. Крок сканування при цьому не більше півширини п'єзoelementa перетворювача. [4]. При контролі виробу з матеріалу з високим рівнем структурних перешкод вживають заходи для їхнього зниження, наприклад, контролюють поздовжніми хвилями замість поперечних [6, 8, 4], застосовують фокусуючі та РС перетворювачі і т.д.

З аналізу наведених даних видно, що контроль ефективний, однак займає дуже багато часу й засобів, тобто економічно нерентабельний. Таким чином, проблема поліпшення якості сканування й виявлення дефектів довгомірних виробів не зовсім вирішена. До того ж у вітчизняній літературі не запропоновано метод поліпшення контролю суцільних виробів з перерізом від 10 до 50 мм.

Для вирішення цієї задачі було розроблено високопродуктивний ультразвуковий метод контролю довгомірних виробів з перерізом від 10 до 50 мм та довжиною до 6 м, суть якого полягає у збудженні ультразвукових імпульсів вздовж виробу, багатократному відбитті від його меж і трансформації ультразвукового поля, дифракції хвиль на дефектах та прийнятті пакетів дифрагованих імпульсів, за характеристиками яких визначають якість об'єкта контролю.

Реалізація методу підтверджена під час проведення експериментальних досліджень у заводських та лабораторних умовах. При дослідженнях встановлено діапазон ефективної величини перерізів об'єкту контролю, діапазон кутів введення ультразвукових імпульсів, частоту ультразвукових коливань, “мертву зону” і пов'язану з цим кількість позицій перетворювача, необхідних для виявлення дефектів [9, 10].

При контролі грубозернистих матеріалів доцільно застосовувати поздовжні хвилі. Якщо необхідно підвищити максимальну чутливість і роздільну здатність, то у

зв'язку з меншою довжиною хвилі більш доцільно вибрати поперечні хвилі [3, 4]. Використання комбінації об'ємних поперечних і поздовжніх хвиль, дає можливість, з врахуванням деяких особливостей, зробити метод дефектоскопії стрижнів універсальним.

Висновки. Незважаючи на значний об'єм теоретичних й експериментальних досліджень, присвячених створенню методів «швидкого» чутливого контролю до теперішнього часу не створена теорія дефектоскопії у високочастотному діапазоні пружних об'ємних хвиль. Тобто в вітчизняній літературі описані тільки низькочастотні методи контролю, але чутливість таких методів недостатня, а обладнання є дорогим. Тому розроблений метод ультразвукового контролю дозволяє проводити експрес-контроль довгомірних виробів у високочастотному діапазоні (1,8...2,5 МГц) з достатньою вірогідністю без сканування та зачистки всієї поверхні об'єкту, як передбачено ГОСТ, що зекономить час та кошти.

**Список літератури:** 1. Прутки и заготовки круглого и прямоугольного сечения: ГОСТ 21120-75. – [Действующий с 1977-10-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 6 с. 2. Бабаджанов Л. С. Образцы искусственных дефектов и их сертификация / Л. С. Бабаджанов, М. Л. Бабаджанова // Контроль и диагностика. – 2008. – №8 – С. 73–76. 3. Неразрушающий контроль : справочник в 7 т. Т. 3. Ультразвуковой контроль / В. В. Клюев, И. Н. Ермолов, Ю. В. Ланге ; под ред. В. В. Клюева. – М. : Машиностроение, 2004. – 864 с. 4. Ермолов И. Н. Теория и практика ультразвукового контроля / И. Н. Ермолов. – М. : Машиностроение, 1981. – 240 с. 5. Буденков, Г. А. Основные закономерности взаимодействия волн Похгаммера с дефектами / Г. А. Буденков, О. В. Недзведская // Дефектоскопия. – 2004. – №2 – С. 33–46. 6. Эффективность использования стержневых и крутильных волн для контроля пруткового проката / Г. А. Буденков, О. В. Недзведская, Д. В. Злобин, Т. Н. Лебедева // Дефектоскопия. – 2004. – №3 – С. 3–8. 7. Патон Е. А. Метод низкочастотного ультразвукового контроля протяженных объектов направленными волнами / Е. А. Патон, В. А. Троицкий, А. И. Бондаренко // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2008. – №2 – С. 20–30. 8. Патон Е. А. Контроль технического состояния протяженных конструкций низкочастотными направленными волнами / Е. А. Патон, В. А. Троицкий, А. И. Бондаренко // Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики : мат-лы 16-й междунар. конф. –Ялта, 2008. – С. 131–134. 9. Ноздрачова К. Л. Підвищення продуктивності й надійності виявлення дефектів в стрижнях / Г. М. Сучков, К. Л. Ноздрачова // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків : НТУ «ХПІ», 2008. – Вип. 48. – С. 104–109. 10. Ноздрачова К. Л. Математичне моделювання високопродуктивного метода виявлення дефектів у довгомірних виробах / Г. М. Сучков, К. Л. Ноздрачова // Методи та прилади контролю якості. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2009. – № 22. – С. 7–13.

Надійшла до редколегії 18.02.2013

УДК 620.179.17

**Особенности ультразвукового контроля протяжных виробів / К. Л. Ноздрачова //** Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 11 (985). – С. 29-33. – Бібліогр.: 9 назв.

Проанализированы особенности проведения ультразвукового метода неразрушающего контроля длинномерных изделий, приведены методики контроля прутков по разным схемам. Рассмотрена реализация стандартных образцов предприятий, которые применяются для настройки приборов для контроля прутков. Выделены направления совершенствования рассматриваемого вида контроля.

Ключевые слова: ультразвуковой контроль, длинномерные изделия, объемные волны, дефект, нормальные волны, мода, преобразователь.

The features of the ultrasonic NDT method of long products, methods of control rods are with different schemes. Realization of standard samples of enterprises, which are used to configure the devices for the control rods. Identified areas for improvement of this species control.

Keywords: ultrasonic testing, long products, volume waves, defect, normal modes, mode, the transducer.

## УДК 621.9.06

**О. С. КРОЛЬ**, канд. техн. наук, проф., Восточноукраинский национальный университет им. В.Даля, Луганск;

**Е. И. БУРЛАКОВ**, студент, Восточноукраинский национальный университет им. В.Даля, Луганск

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА

Представлена процедура комплексного моделирования формообразующего шпиндельного узла обрабатывающего центра сверлильно-фрезерно-расточного типа с использованием параметрического моделирования в интегрированной САПР APM WinMachine. Сформирован статический формуляр, как средство экспресс-анализа и моделирования конструкции шпиндельного узла.

**Ключевые слова:** шпиндель, параметрическая модель, поперечная компоновка, статический формуляр.

#### Введение

При обработке сложных деталей увеличивается доля программно-управляемых станков с устройствами автоматической смены инструмента (АСИ) и заготовки (АСЗ), получивших название обрабатывающих центров (ОЦ). Эффективность процесса создания оборудования во многом будет зависеть от уровня используемых средств построения моделей проектируемых объектов, выбор которых представляет достаточно сложную процедуру. Требования к конструкциям формообразующих узлов различаются в зависимости от их назначения, при этом существует разнообразные группы факторов, влияющих на эффективность принимаемых проектных решений. Наряду с конструктивными факторами: типом шпинделя (с ременной передачей или мотор-шпиндель); подшипниками (тип, количество, схем установки); системой зажима инструмента, на эффективность проектируемого шпиндельного узла влияют структурные факторы, такой как пространственная компоновка привода главного движения (ПГД).

Для всего разнообразия станков определенной группы невозможно использовать одну-две конструкции ПГД. Чаще всего приходится либо разрабатывать новую конструкцию, применяя методы структурной оптимизации, либо создавать новый вариант уже известной конструкции-прототипа с помощью метода параметрической оптимизации.

Особенностью автоматизированной процедуры проектирования ПГД является множество альтернативных вариантов компоновки и необходимость корректировки и доработки с учетом специфических особенностей объекта проектирования. При этом эффективность проектирования ПГД зависит от принятой поперечной компоновки (свертки), в том числе от положения выходного вала.

Исследовать влияние структурных факторов на конструкцию шпинделя целесообразно с помощью интегрированных САПР. Кооперация двух динамически развивающихся систем КОМПАС 3D и APM WinMachine открывает новые возможности для построения разнообразных моделей формообразующих узлов и их исследование методами конечных элементов.

©О. С. КРОЛЬ, Е. И. БУРЛАКОВ, 2013