

非破壞檢査概論

Introduction of Non-Destructive Testing



韓應教

〈韓國非破壞檢査學會 會長

漢陽大 精密機械工學科 教授〉

1. 非破壞檢査

非破壞檢査 또는 非破壞試驗이라는 것은 재료나 제품, 구조물 등의 여러 종류에 대하여 검사 대상물에 손상을 주지 않고 검사품의 성질이나 상태, 내부구조 등을 알아내기 위한 검사 전체를 말한다.

試驗法으로서의 아무 장치도 없이 하는 가장 빠르고 경제적인 방법으로서 직접 육안으로 보고 판단하는 肉眼檢査를 비롯하여 間接肉眼檢査, 放射線透過檢査, 超音波探傷試驗, 磁氣探傷試驗, 浸透探傷試驗 등 여러가지 장치를 사용하여 검사하는 방법이 있다.

어떠한 검사 방법을 어떻게 이용하여 非破壞檢査를 하는가에 대해서는 非破壞檢査를 하는 목적에 따라서 다르며, 각기 그 목적에 따라서 가장 적합한 시험법 및 시험 조건을 선택해서 하는 것이 바람직하다.

2. 非破壞檢査의 目的

非破壞檢査는 여러 가지 목적을 위해서 하고 있으나, 어느 경우에도 우선 非破壞試驗을 해서 무엇을 알고자 하는가에 대해 명백히 해야 한다.

그 연후에 비로소 목적을 달성하기 위해서 어

떠한 시험법과 시험조건을 사용할 것인가에 대해 결정을 보게 되는 것이다. 현재 非破壞檢査가 유효하게 이용되고 있는 목적 중에서 대표적인 것을 들면 다음과 같다.

가. 製造技術의 改良

정하여진 품질의 제품을 만들고자 할 경우에는 다음부터 적용하려고 하는 製造技術이 적절한가 않은가를 알기 위해서 미리 계획된 제조 기술에 의해서 試驗片 또는 試作品을 만들어 그것에 대해서 우선 非破壞試驗을 해야 한다. 그리고 나서 그 결과를 보아 가면서 제조 기술의 개량을 진행시켜서 최종적으로 원하는 품질제품이 생산되는 製造技術確立을 위해서 계속 반복시험을 한다.

예를 들어 熔接條件에 의해서 시험편을 작성하여 이것에 대해서 放射線透過試驗을 하여 그 결과를 보아 가면서 용접조건을 수정을 해가고, 최종적으로 소기의 품질이 되도록 용접조건을 결정해야 한다.

또 鑄造方案을 결정하기 위하여 같은 방법으로 放射線透過試驗을 이용하여 결함의 발생 상황부터 湯口 및 押湯 등의 位置를 개량하여 최종적인 鑄造方案을 결정해야만 한다.

이와 같은 것은 모두 製造技術의 개량을 목적

으로 한 사용예라고 볼 수 있다. 이와 같이 여러 가지 非破壞檢査가 가진 특징을 잘 이용함으로써 제조기술의 개량을 손쉽게 할 수가 있다.

나. 製造原價의 節減

非破壞試驗을 실시한다는 것은 검사비용을 증대시키고 나아가서 製造原價를 상승시키는 감이 있는 것같이 생각되나, 사실인즉 製造工程의 中間段階의 적절한 시기에 효과적인 非破壞試驗을 실시하므로 해서 事後의 工程에 대한 낭비를 없앤다면 나머지의 工程에 따르는 생산원가의 상승을 억제할 수가 있다.

예를 들면 만일 용접 완료후 非破壞試驗으로 결함이 발견되어 補修가 요구되는 경우 많은 工數와 또는 補修가 매우 어렵다가 하는 경우에는 미리 용접 완료전의 중간 단계에 있어서 非破壞試驗을 실시하여 그때까지의 熔接에 대한 결함발생이 없음을 확인해가면서 나머지 熔接을 진행시키면 용접 완료후에 생기는 보수를 없애는 수단을 강구하는 것도 또 하나의 예라고 본다. 또 鑄造品을 機械加工해서 사용할때 機械加工후 加工面에 큰 슬랙이나 空洞 또는 터짐 등이 생겨서는 안될 경우가 있다. 이와 같은 경우에는 기계가공을 실시하기 전에 기계가공을 하는 부분에 대해서 미리 非破壞試驗을 실시하고, 가공후에 결함이 생기기 쉬운 機械加工의 工程을 진행시키지 않으면 기계가공후엔 결함이 나타나서 불합격이 되는 경우에 소요되는 기계가공의 工數를 절약할 수가 있다.

따라서 非破壞試驗을 한다는 것은 쓸데없는 工數가 소요되어 製造原價가 상승한다고 생각되지만, 非破壞試驗을 실시하지 못한 까닭으로 생기는 補修, 再修理에 소요되는 비용을 생각하면 非破壞試驗에 소요되는 비용은 극히 적은 것이고, 따라서 제품원가의 절감에 직접적으로 영향을 준다고 본다. 더욱 유리한 점은 補修나

재손질이 있다고 하더라도 工程의 초기 단계에서 보수를 한 경우에는 대단히 손쉽다고 본다. 따라서 工程을 크게 변동없이 전체적으로 보아서 工數의 經費가 절약되고 제품원가의 절감에 직결된다고 본다.

다. 信賴性的의 增大

신뢰성에 대한 정의는 제품의 종류나 사용 목적에 따라 달리하고 있으나 一般工業製品인 경우에는 규정된 사용 조건하에서 기대되는 壽命期間중 製品의 일부 또는 전부를 파손할 것 없이 소기의 성능을 만족시키고 가동할 수 있는 기간의 期待壽命期間에 대한 비율(이용도)을 信賴性的의 良否에 대한 것을 가지고 대개 척도로 삼고 있다.

여기서 제품의 일부 또는 전부를 파손하여 소기의 성능을 만족시키지 못하는 狀態가 발생하는 원인으로는 다음 세가지를 들 수가 있다.

첫째, 설계면에서 오는 문제, 둘째, 재료면에서 오는 문제와 세째, 가공면에서 오는 문제가 그것이다. 그러나 여기에는 전연 예측치 못한 자연현상 또는 예기치 못한 災害로 인한 경우를 생각할 수도 있다. 또 그 원인 여하에 따라서는 그 발생 확률을 되도록 낮게 할 수가 있다.

그 하나의 수단으로 이용되고 있는 것이 바로 非破壞試驗이다. 즉 素材에 대한 非破壞試驗부터 시작해서 최종제품에 대한 非破壞試驗으로 끝맺는 일련의 工程에 있어서 設計의 良否, 素材의 良否, 製造技術의 良否를 판단하고 파손에 직접 관련성이 있는 因子를 抽出하여 수정함으로써 그 破壞確率을 저하시킬 수가 있다.

예를 들면 壓力試驗을 할때 strain gauge 등으로 應力測定을 하여 異常應力이 발생되나 의 유무를 조사해서 설계의 양부를 판단하거나 熔接部에 각종 非破壞試驗을 실시하여 내부결합 또는 표면결합의 유무를 조사해서 용접 기술의 양부를 판단하여야 하는데, 필요할 경우에는 보수를 하여 그 건전성을 확보하거나 또는 소재

에 대해서도 각종의 非破壞試驗을 실시하여 제조기술의 양부를 판단하여 건전성을 평가하는 등 모든 규정된 사용조건하에서 사용되는 경우에 기대되는 신뢰성을 높이기 위해서 행하는 것이라고 본다. 이와 같이 해서 적절한 非破壞試驗을 각각 그 목적에 따라 적용시키고 건전성을 확인하여 신뢰성을 향상, 증대시키는 것이 바로 非破壞試驗의 가장 중요한 목적의 하나이다.

그러나 여기에서 주의해야 할 것은 단지 막연하게 非破壞試驗을 적용해서는 그것이 곧 신뢰성의 향상과 직결되지는 않을 것이다.

그 목적에 적합한 非破壞試驗이 무엇인가를 생각해서 가장 적합한 시험 방법을 선택하고 올바른 시험 기술로써 실시하는 것이 절대적으로 필요한 조건이라는 것을 잊어서는 안된다.

3. 非破壞檢査의 適用例

가. 組立構造品 등의 内部構造 또는 内容物の 調査

구조상으로 분해할 수 없거나 또는 분해할 수 있어도 재조립이 困難한 것의 내부구조 또는 내용물을 조사하고자 할 경우 또는 내부구조의 이상의 유무를 조사할 경우에는 放射線透過試驗을 이용하면 그 목적을 달성할 수 있다. 예를 들어 電氣部品の 配線을 조사하든가 또는 手荷物의 内容物을 조사할 때에는 이와같은 방법을 이용하면 그 목적을 달성할 수가 있다.

나. 材料 및 熔接部の 缺陷檢査

현재 非破壞檢査가 가장 많이 이용되고 있는 것이 材料와 熔接部の 缺陷檢査이다. 缺陷檢査를 크게 분류하여 보면 두 시기로 나누어서 실시되고 있다. 그 중 하나는 제작 때에 실시하는 缺陷檢査이고, 다른 하나는 사용개시후 일정한 시기마다 실시하는 缺陷檢査이다. 그리고 각각 다음과 같은 목적을 가지고 검사가 실시되고 있다.

① 品質評價 : 素材 및 熔接構造를 제조할 때 행하는 缺陷檢査는 재료 및 용접부의 품질을 평가하기 위하여 실시한다고 보아야 한다.

즉, 소재이든 용접부이든 제조중에 행하는 검사는 제조된 것이 규정된 규격 또는 示方書에 의거 제조되어 규정된 품질을 충족시킬 수 있는 것인가 아닌가를 확인하는 것을 목적으로 하는 것인데, 非破壞試驗은 이 목적을 달성시키기 위한 품질관리의 한 수단으로 삼고 있는 것이다. 따라서 이 시험의 결과를 이용해서 하는 재료 및 용접부의 평가는 品質評價이며 이때에 주어지는 판정 기준은 품질관리를 하기 위한 관리한계를 나타낸 것이다.

이 관리한계는 지금까지 명확하게 되어 있는 理論을 바탕으로 하여 과거에 있었던 경험을 가지고, 이 정도의 품질이라면 주어진 설계조건 아래서 사용하더라도 막대한 災禍를 가져올 破壞事故는 발생하지 않으리라는 판단아래서 결정을 해야만 된다.

그러나 여기서 판단의 기초가 되는 설계조건은 어디까지나 설계시점에서 생각한 霧圍氣條件과 應力條件이고, 사용개시후에는 가해진 예측할 수 없는 여러가지 조건은 考慮對象外 평가한 시점에서는 충분한 품질을 가진 것이라고 인정해도 사용후에 어느 정도의 손상 또는 고장을 일으키는 경우도 없지는 않다.

따라서 품질관리 한계로서의 판정기준을 설정할 때에는 설계조건하에서 조금이라도 발생할 우려가 있는 손상의 원인이 되는 因子는 되도록 제거해야만 한다. 그러나 그 정도는 공업 재료를 사용하고 있는 이상 한계가 있어서 경제성을 생각해서 결정해야만 한다.

그리고 한번 이것을 받아들이면 品質管理의 管理基準으로 반드시 지켜나가도록 노력해야만 된다.

② 壽命評價 : 사용개시후에 일정 기간마다 행하는 缺陷檢査는 다음에 실시되는 검사까지의

사이에 완전하게 사용할 수 있는가 없는가를 추정 평가하고자 하는 것인데, 機器나 構造物의 수명을 평가하기 위해서 실시한다고 보아야 한다.

즉, 定期檢査, 保守檢査, 供用期間中 檢査에서는 사용 조건하에서 새로 발생한 결함을 검출하여 그 종류, 형상, 크기, 發生個所, 應力레벨, 應力方向과의 관계 등으로 부터 금후의 다음 조사까지 어느 정도 성장하는가를 예측하여 보수의 여부 또는 폐기하느냐 하는 것을 결정하여야 한다. 따라서 그 평가기준은 결함의 발생 원인에 따라 달리하고 있어서, 평가방법의 기준은 표시할 수 있어도 품질을 평가할 때 제시할 수 있는 판정기준은 표시할 수가 없다.

그러나 非破壞試驗技術에 대해서는 검출된 缺陷에 관한 정보를 근거로 하여 그 후에 成長量을 예측해야만 하므로, 그 기본이 되는 결함의 종류, 형상, 크기, 위치, 방향을 되도록 정확하게 구하는 것이 요구된다. 현재 평가방법으로서 사용후의 조건하에서 발생한 결함에 대해서 破壞力學的方法이 사용되기 시작하고 있다.

다. 材料機器의 計測檢査

이것은 주로 전술한 정기적인 검사일 때 실시되는 것이며, 재료 또는 機器部品の 變形量 또는 腐蝕量을 定量的으로 측정하여 사용의 가부를 결정하고자 하는 것이다. 예를 들면 放射線透過試驗은 原子爐에서 사용된 燃料棒의 變形量을 측정하든가, 제트 엔진의 블레이드의 변형량을 측정할 때 사용된다. 超音波 두께計는 腐蝕量의 측정에만 사용된다.

라. 材質檢査

구조물의 건전성은 사용되는 각종 재료의 건전성 없이는 있을 수가 없다. 설계상으로 요구되는 규정된 조직을 갖는 재료 또는 규정된 각종 처리가 되어 있는 재료를 사용하는 것이 구조물의 건전성을 증명하기 위한 우선적인 제 1

단계인데, 非破壞試驗은 재질이 올바른 것인가 아닌가, 또 규정된 처리가 된 것인가 아닌가를 점검하기 위해서 사용된다. 예컨대 電磁誘導試驗은 알루미늄합금의 材質을 판별한다든가 또는 熱處理 狀態를 판별하기 위해서 사용되고 있다.

마. 表面處理層의 두께 측정

耐磨減性이 요구되는 部品 또는 耐腐蝕性이 요구되는 부품 등의 표면처리로 말미암아 硬化된 깊이라든가 鍍金두께가 규정된 두께로 되어 있는가 하는 것을 조사할 때 이용되는 것이 電磁誘導試驗이며, 이 시험법에 의해서 浸炭熱處理한 깊이를 측정 또는 鍍金두께를 측정한다.

바. 스트레인(strain)測定

설계의 건전성은 應力解析의 結果가 올바른가 또는 그릇된 것인가에 따라 평가된다. 그리고 그것은 최종단계의 荷重試驗 또는 壓力試驗을 할 때 強度部材의 스트레인측정을 실시하여 비로소 강도를 알 수 있다. 또 최종적으로 설계를 결정하기 전에 3次元 光彈性實驗法을 적용하여 應力分布를 측정함으로써 더욱 완전한 구조설계로 설계를 변경해 가는 것도 이 하나의 응용예라고 볼 수 있다.

4. 非破壞試驗의 特性

非破壞試驗을 이용하고자 할 때에는, 실시에 앞서 다음 항목에 대해서 충분히 이해를 해 두어야 한다.

가. 非破壞檢査와 破壞檢査

非破壞檢査는 이미 기술한 바와 같이 材料, 機器, 構造物 등에 손상을 입혀서는 안되고, 또한 破壞하지 않고 化學的 性質, 機械的 性質, 内部構造 등을 추정하여 합격, 불합격을 판단하는 검사법이다.

그러나 이와 같은 성질을 추정하여 판단을 내리기 위해서는 미리 이와 동일한 조건을 가진 試

驗體에 대해서 非破壞試驗을 하여 그 후에 破壞試驗을 실시해서 이 양자에 대한 시험결과 관계를 구해 두어야 한다.

다시 말해서 非破壞檢査는 이미 破壞檢査에 의해서 얻어진 결과에 非破壞試驗을 해서 얻어진 결과를 대조, 비교하여 破壞試驗에서 얻어진 결과를 추정해서 자신있는 판단 및 결과를 내리는 검사법인데, 미리 比較試驗結果가 못얻어지면 아무리 精度 높은 非破壞試驗을 실시한다고 하더라도 아무 의미가 없는 추정에 그치고 마는 결과가 된다는 것을 알아둘 필요가 있다.

나. 非破壞試驗을 실시하는 時期

위에서는 非破壞檢査와 破壞檢査와의 比較試驗에 대해서 기술하였다. 여기서 매우 중요한 것은 비교하는 시기를 정하는 것이다. 그리고 그 시기는 품질을 평가하는데 가장 적합한 시기가 아니면 안된다.

즉, 제조의 공정이 진행되는 과정에서는 나머지 공정에 있어서 재료 또는 熔接部의 品質에 무엇인가 영향이 미칠 수 있다고 생각되는 공정이 가해질 경우에는 앞서 있던 공정의 시점에서 평가된 품질과는 달리 달라진 것이 되므로 나머지 공정이 가해진 연후에 품질평가의 시점을 선정해야만 한다.

그리고 특히 공정이 가해지지 않아도 經時變化로서 재료나 용접부의 품질이 변화할 念慮가 있을 경우에는 이 변화를 충분히 평가할 수 있는 시점에서 시험을 실시해야 한다.

예를 들어 보면 전자의 예로서는 熱處理로 말할 수 있고 열처리로 인해서 品質의 變化를 생각할 경우에는 당연히 그 전후의 시점에서 시험을 실시해야만 될 것이다. 그러나 열처리 전에 실시한 시험에서는 非破壞試驗에 의한 품질의 평가를 통해 素材에 대해서는 素材製造工程의 管理, 그리고 용접부에 대해서는 熔接施行法の 管理를 하게 되는 것이고, 열처리 후에 실시하는 시험에서는 어느 경우에도 열처리 작업

의 관리를 해야한다. 따라서 품질평가를 할 대상이 되는 것은 품질평가를 실시하는 시기에 따라 각기 달리고 있어서 달리한 시험법을 이용하는 경우가 있고, 어느 시기에 어떤 시험법을 가지고 하는가에 대해서 명확하게 해 둘 필요가 있다.

다. 非破壞試驗의 信賴性

非破壞試驗은 어느 物理에너지를 시험체에 투입하여 그 物理에너지의 透過, 吸收, 散亂, 反射, 새어나감, 침투 등의 현상의 변화를 특정한 檢出體로서 검출하여 異常의 유무를 살펴보는 방법을 말한다.

따라서 이상이 검출될 수 있는지의 여부는 試驗體의 材質, 組織, 形狀, 表面狀態, 사용하는 物理에너지의 성질, 검출하고자 하는 이상을 표시하는 부분의 상태, 형상, 크기, 방향성 그리고 檢出體의 特性 등에 크게 영향을 주게 된다.

그러나 일반적으로 어떠한 試驗法을 사용하더라도 이상부분을 완전히 검출할 수는 없다. 그래서 非破壞試驗을 하여 無缺陷이라고 판단되는 情報를 구하더라도 반드시 缺陷이 없다고 생각할 수 없다. 또 非破壞試驗에 의해서 찾아낸 이상부분의 종류, 형상, 크기, 방향성 등에 관한 정보는 사용한 試驗法에 따라서 서로 다르며, 試驗法의 特性과 異常部分의 성질을 組合함으로써 어느 때는 매우 精度가 높은 측정이 가능하고 어느 때에는 커서 큰 오차를 가져올 수가 있다.

이상과 같은 것은 品質評價나 또는 壽命評價를 할 때, 그리고 非破壞試驗을 할 경우에는 대단히 중요한 문제점 들이다.

라. 非破壞試驗方法 및 試驗條件의 選擇

非破壞試驗으로 얻어진 결과의 信賴性에 대해서는 이미 앞에서 기술한 바가 있는데 더구나 부적당한 시험방법을 사용하든지, 시험조건이 올바르지 못하든가 할 때에는 그 결과의 신뢰성은 더욱 떨어지고 만다. 따라서 시험방법

자체가 가진 특성에 따라 완전히 결함을 검출할 수는 없다고 하여도 되도록 결과의 신뢰성을 높이기 위해서는 검출하고자 하는 이상 부분의 성질에 적합한 시험방법과 시험조건을 선택하도록 해야만 한다. 그러기 위해서는 우선 검출하고자 하는 이상부분의 성질을 미리 예측해 두는 것이 매우 중요하다.

즉, 試驗體의 材質, 加工한 方法, 加工履歷 또는 使用履歷을 검토하여 어떠한 종류의 결함이 어느 부분에서 어떠한 형태로 또는 어느 방향으로 생길 가능성이 있는가 또는 그 성질은 어떠한 것인가 등을 가상하고 이것을 검출하기 위한 가장 적합한 시험방법을 선택하도록 한다. 그리고 시험방법이 결정되었다고 하더라도 시험조건에 따라서는 반드시 적절한 시험방법이라고 볼 수가 없어, 시험방법은 최대한의 능력을 발휘할 수 있는 그러한 시험조건을 선택해야만 한다.

마. 非破壞試驗 結果의 評價

非破壞試驗으로 얻어진 결과는, 이상 기술한 여러가지 문제점들을 잘 이해하고 주의깊게 시험을 한다고 하여도 완전하게 믿을 수는 없다. 따라서 非破壞試驗으로 얻어진 결과로부터 品質 또는 壽命을 평가할 때에는 그 결과를 단순한 하나의 정보로 이용할 뿐, 그 결과만 가지고 표면적으로 결론을 내리서는 안된다. 될 수 있으면 한 종류의 非破壞試驗뿐만 아니라 되도록 많은 종류의 非破壞試驗을 병용해서, 한 가지 非破壞試驗方法이 가진 단점을 다른 非破壞試驗의 장점으로 보충하여 많은 정보를 수집하도록 한다. 거기에 더욱 非破壞試驗 이외의 시험으로 얻어진 결과도 이용하여 材料에 관한 지식, 熔接에 관한 지식, 加工技術에 관한 지식을 모두 동원하여 종합해서 판단을 내려야만 한다.

非破壞試驗으로 얻은 결과의 判定技術은 物理, 化學, 機械, 電氣, 材料에 관한 고도의 綜

合技術이라고 생각해야만 된다. 그리고 非破壞檢査를 하면 製品의 價格이 비싸진다고 보는 경우가 있으나 비파괴검사의 본래의 목적은 결코 품질을 쓸데없이 높이기 위한 것이 아니라 제품의 안전성과 동시에 경제성도 함께 생각하여 경제적이고도 충분한 안전성이 확보되는 품질인 것을 증명하기 위해서 하는 것이라는 것을 십분 인식하고, 시험에서 얻어진 결과의 본질이 무엇인가를 판단하고 근본적인 것에 있어서의 무방한 것과 있어서는 안되는 것을 잘 구별하여 非破壞試驗을 함으로써 필요 이상의 過剩品質이 되지 않게 한다.

5. 破 壞

가. 靜的強度

衝擊 또는 反復과 같은 動的荷重에 대해서 普通 引張試驗(破斷까지의 時間이 2~3分) 정도의 시간이 걸리는 荷重速度下에서의 材料의 세기(降伏點 또는 耐力 및 引張세기)를 靜的強度라 한다.

나. 波勞強度

反復荷重下에서 材料는 靜荷重의 경우보다는 훨씬 작은 荷重에서 破壞한다.

一般的으로 어느 反復回數後에 균열이 發生하여 이것이 回數에 따라 成長해서 드디어 破斷한다. 이와같은 現象을 材料의 疲勞라 한다.

回轉 또는 振動하는 機械部材, 走行車輛, 鐵道橋梁, 內壓이 變動하는 壓力容器 등에 있어서는 매우 重大한 現象이다. 實際로 構造物이 破壞하는 경우는 靜荷重에 의한 事前에 比해서 反復荷重 또는 衝擊荷重에 依한 것이 훨씬 더 많다.

疲勞強度는 熔接이음새에서는 이음形狀과 表面狀況에 매우 크게 影響된다. 特히 덧붙임의 止端部는 應力集中이 생기는 notch가 되기 때문에 특히 重大한 内部缺陷이 없는 한 이음새의 疲勞龜裂은 止端部로부터 發生하는 것이 普

通이다.

다. 脆性破壞

延성이 豊富하다고 보는 軟鋼과 低合金鋼에서도 特殊한 條件下에서는 유리 또는 도자기와 같은 形態로 破斷한다. 이것을 脆性破壞(취성과파괴)라 한다. 이 現象은 大型의 熔接構造物에서 잘 일어난다.

脆性破壞의 균열은 秒速 2000m와 같은 高速으로 일어나며, 破面은 板의 表面에 直角으로 板두께의 減少와는 全然 關係없고 銀白과 같은 빛을 하고 있다.

脆性破壞는 다음의 3가지 條件이 具備될 때 發生한다고 되어 있다.

- (1) Notch(應力集中部)의 存在
- (2) 引長應力の 存在
- (3) 低溫에 의한 Notch靱性の 低下

따라서 Notch部가 없는 普通 引張시험편에서는 平常溫度에서는 전혀 發生하지 않는다.

또 實際로 脆性破壞의 起點이 된 Notch는 熔接 缺陷, 특히 터짐, 溶入不良, 銳利한 角을 가진 언더컷·오버랩 등이 있을 경우가 많다.

6. 缺陷의 종류와 발생 원인

앞에서 기술한 바와 같이 올바른 非破壞試驗을 하기 위해서는 素材, 熔接部 등에서 발생하는 결함의 종류를 미리 예상하여야 한다는 것을 시술했다. 그러기 위해서는 각종의 재료, 용접부 등에서 발생하는 결함에 대해서 충분한 지식이 필요하다.

단 여기서 말하는 결함이라 하는 것을 상세히 설명한다면, 製造段階에서는 金屬材料를 工業材料로서 사용하는 한 피할 수 없는 不連續部를 제외하고 製造過程에서 作業管理를 철저히하므로 해서 충분히 피할 수 있는 종류의 것이며 더욱 그 量, 또는 크기에 따라서는 設計條件으로서 주어진 통상 運轉條件下에서 材料, 機器, 構造物 등의 健全성이 상실되는 원인이

되기 쉬운 不連續部를 가리켜서 말한다.

따라서 이와 같은 단계에서는 設計不良이든가 생각지 않은 過負荷 또는 異常環境條件의 발생 등으로 健全성이 상실되는 것에 대해서는 고려 대상으로 두지 않고 있다.

그러나 定期檢査에서 발견되는 不連續部는, 일부는 제조당시에 검사할 때 제대로 하지 않아서 생긴 것도 있으나 대부분은 設計條件과는 다른 조건이 주어져서 발생한 것이기 때문에 그대로 방치해 두면 성장이 지속되든가, 또는 다른 破壞를 초래하는 發生源이 되기 쉬운 유해한 것 뿐이다. 결함이라 함은 이와 같은 모든 不連續部를 가리켜서 말한다.

다음에 각종 材料 및 熔接部에서 주로 발생하기 쉬운 결함의 종류와 발생 원인을 열거해 보기로 한다.

가. 鋼板에서 볼 수 있는 缺陷

① 두장 터짐 : 斷面이 두장으로 터져나간 것, 鋼塊속에서의 블로우홀, 파이프, 슬랙 또는 耐火物이 殘留되어서 壓搾이 불충분하여 발생된 線狀으로 터진 것.

② 介在物 : 斷面に 불순물, 슬랙, 耐火物이 存在한 것으로서 造塊때의 슬랙과 耐火物 그밖의 불순물이 끼어들어 간 것.

③ 부풀음 : 표면이 부풀어서 내부에 空洞이 생긴 것이며, 鋼塊에 存在한 파이프, 블로우홀이 壓搾되지 못해서 생긴 것.

④ 세로 터짐 : 鋼塊 또는 鋼片에 존재하고 있던 터짐이 남아서 壓延方向으로 나타난 線狀의 터짐.

⑤ 가로 터짐 : ④와 같은 원인에 의해서 가로 방향으로 電光狀으로 생긴 터짐.

⑥ 잔주름 터짐 : 鋼塊에 스킨 블로우홀이 많이 있든가, 加熱條件이 부적당하든가, 또는 鋼속에 鋼과 같은 加熱胞性이 생기기 쉬운 元素가 많이 함유될 경우, 표면에 생기는 龜甲狀 또는 잔주름으로 보이는 터짐.

⑦ 線狀 흠 : 鋼塊表層의 블로우홀의 壓延에 의해서 壓延方向으로 생긴 얇고도 짧은 線狀의 흠.

⑧ 벽돌흠 : 造塊 또는 加熱 때에 벽돌이나 모르타르 등이 끼어들어 부착하고, 壓延할 때 퍼져나면서 생긴 흠.

나. 棒鋼에서 볼 수 있는 缺陷

① 세로 터짐 : 비교적 깊은 線狀으로 된 터짐이며, 熱變形이나 時效 및 材料不良인데 특히 핀홀, 블로우홀 등이 원인이 되어 발생한 것.

② 線狀 흠 : 鋼塊 중에 남아있는 핀홀, 블로우홀, 표면이 거칠어짐 등 이것이 원인이 되어 壓延할 때 늘어나서 계속적인 直線狀에 흠이 생긴 것.

③ 부러져 끼어들어감 : 壓延 로울러의 調整이나 孔型의 不良 및 또는 가이드 調整 부적당에 따른 부러진 것이 합쳐서 발생한 것.

④ 素地 흠 : 鋼塊 속에 介在物이 壓延 또는 引拔에 의해 발생된 것.

⑤ 가로 터짐 : 재료성분이나 가열의 부적당 또는 脫酸不良에 의해서 壓延方向에 直角으로 생긴 가로로 찢린 상태의 흠.

⑥ 벽돌흠 : 造塊 또는 加熱 때에 벽돌 등이 재료의 표면에 부착하거나 또는 内部에 混入되어서 생긴 흠.

⑦ 파이프 흠 : 鋼塊의 파이프가 壓延에 의해서 表面에 壓延方向으로 나타난 線狀의 흠.

⑧ 주름살 : 材質 또는 壓延方法의 부적당으로 생긴 自由壓縮面에 발생한 주름살 모양의 흠.

다. 鋼管에서 볼 수 있는 缺陷

① 外面랩 : 재료 속에 不純物, 偏析, 非金屬介在物 또는 鋼塊나 丸鋼表面에 끼어들어간 흠 또는 터짐흠 등이 있을 경우의 구멍을 뚫을 때 발생하는 것.

② 가로흠 : 材質로서 鋼성분이 많을 경우나 壓延條件이 艱박할 경우, 過熱 또는 冷間加工

度가 너무 지나치게 심할 때 발생하는 것.

③ 外形굽힘 : 가공할 때 補導 및 dies의 形狀不良 또는 타고나서 발생하는 굽힘.

④ 세로 터짐 : 加熱不良이나 열처리 불량, 가공법의 불량에 의해서 발생하는 것.

⑤ 熱處理터짐 : 熱處理 不良이나 誤注水の 잘못으로 발생하는 터짐.

라. 鍛造品에서 볼 수 있는 缺陷

① 非金屬介在物 : 製鋼때에 精鍊 및 造塊不良 등에 의해서 黃化物, 酸化物的 非金屬介在物 또는 耐火材料가 混入된 것.

② 모래흠 : 造塊 때에 스톱이나 耐火物 또는 介在物이 증대되어서 殘留한 것.

③ 異物混入 : 造塊 중의 부주의로서 異物이 混入된 것.

④ 파이프 : 造塊 때 라이저의 除去不良, 鑄型設計의 不良, 鑄造條件의 不良에 의해서 發生한 파이프가 鍛着하지 못하고 남아 있는 것.

⑤ 龜甲터짐 : 鍛造鋼材의 표면에 龜甲狀으로 나타난 비교적 얇은 표면의 흠이며, 素材 성분, 素材表面의 不良, 가열 온도 및 시간의 부적당 등으로 생긴 것.

⑥ 구어터짐 : 형상은 비교적 간단하나 격렬한 것으로는 재질불량, 담금질 조작의 불량 등에 의해서 발생한 것, 急熱로 인해서 터진 것과 急冷으로 터진 것도 이것에 포함한다.

⑦ 研磨터짐 : 龜甲狀으로 된 微細하고 얇게 생긴 결함으로서 담금질한 鋼을 研磨機로 研磨했을 때 생긴 것.

⑧ 白點 : 용강 속에 들어가 있는 水素나 鍛鍊중의 變形應力の 殘存 熱間作業후에 생긴 變態應力과 熱應力에 의해서 발생하는 미세한 터짐.

⑨ 주름살 흠 : 鍛造할 때 材料가 겹쳐가지고 생긴 주름살로서 鍛造作業, 鍛造方案 등의 부적당, 加熱狀態의 부적당에 의해서 발생한 것.

마. 鑄造品에서 볼 수 있는 缺陷

① 핀홀, 블로우홀 : 표면 또는 내부에 생긴 둥근구멍으로 지름 2~3mm까지의 것을 핀홀, 그 이상의 것을 블로우홀이라고 한다. 溶解중 金屬에 포함된 가스가 응고할 때 外部로 排出되지 못하고 남아있는 것을 말한다.

② 쇳물흐름 불량 : 주로 注入溫度의 불량에 의해 鑄型내를 溶解한 쇳물이 잘 돌아가지 못하고 鑄表面에 녹은 쇳물이 겹쳐서 境界面이 생긴다. 이것을 쇳물경계면이라 하고 일부의 녹은 쇳물이 흐르지 못하고 있는 것을 쇳물흐름 불량이라고 말한다.

③ 龜裂 : 材質 및 形狀이 부적당하기 때문에 凝固때에 발생하는 收縮應力으로 발생함 터짐으로 高温에서 발생되면 高温龜裂이라고 하며, 低温에서 발생한 것은 冷間龜裂이라고 한다.

④ 채플릿(chaplet), 鑄包(insert internal shell) : 中子を 支持하고 있는 core support 및 凝固速度를 증대시키기 위해서 사용되고 있는 冷却用 金屬棒 또는 셸(shell)이 주물 속에 남아 있거나 부착된 것.

바. 熔接部에서 볼 수 있는 缺陷

① 터짐 : 熔接部에 발생한 터짐을 크게 나누면 溶着金屬에 발생한 것과 熱影響部에 발생한 것으로 구별할 수 있다. 전자에서는 bead 터짐, crater 터짐, 루우트터짐, 硫黃터짐 등이 포함되고, 후자의 경우는 루우트터짐, beater아러터짐, lamination터짐 등이 포함된다.

원인으로서 溶着金屬의 靱性不良, 母材 또는 熔接棒의 硫黃含有量의 불량, 熔接條件의 불량, crater 처리의 불량, 溶着金屬중의 水素含有量의 過多 등으로 생각된다.

② 溶着不良 : 이음쇠 또는 구석살 부분의 熔接을 할 경우에 熔接棒이 너무 굵어서 또는 熔接電流가 약하여 아아크(arc)의 힘이 떨어져 있는 끝부분까지가 발달되지 못하여서 발생하는 것.

③ 슬랙이 말려 들어감 : 棒의 지름, 電流의 選擇不良, bead의 슬랙 찌꺼기 등이 熔棒技術의 未熟鍊에 의해 발생하는 것.

④ 블로우홀 : 熔接棒의 乾燥不良이나 벌림면의 녹, 기름이나 도료 등의 제거 불량, 적합하지 못한 熔接棒의 사용 또는 熔融中에 있어서 溶着金屬과 외부공기와의 차단불량 등이 원인이 된 것.

⑤ 融合不良 : 熔接境界面이 충분히 溶解를 했으나 합치지 못해서 생긴 결함이며, 熔接棒 움직임 기술 불량, 表面皮膜의 제거불량, 層間溫度의 적합하지 못한 결과 등 여러 원인으로 발생하는 것.

⑥ 언더컷(under cut) : 母材의 溶着金屬의 境界面에서 움푹 파들어간 것으로 熔接棒의 움직이는 속도가 너무 빠르든지, 熔接電流의 過大, 아아크가 너무 길든지 하는 것인데 이 밖에도 여러가지 熔接條件의 不良 등으로 발생하는 것을 말한다.

사. 保守檢査에서 볼 수 있는 缺陷

① 疲勞터짐 : 사이클에서는 破壞를 일으키기에는 불충분한 應力이 되풀이해서 생긴 터짐이다. 疲勞터짐중에는 接觸應力疲勞터짐, 腐蝕疲勞터짐 등이 있다.

② 應力腐蝕터짐 : 腐蝕媒體로 여겨지는 金属材料의 表面에 높은 引長應力이 靜的으로 가해져서 생긴 것이다.

③ fretting corrosion : 微小振動을 일으키면서 마찰하는 표면의 微小部分이 凝着, 別離를 되풀이하면서 분위기와 화학적인 反應을 일으켜서 발생한 것이다. 일반적으로 작은 破片과 微粉末과 함께 섞여서 共存하고 있다.

④ cavitation erosion : 液體가운데서 발생한 氣泡가 부서져 없어지면서 표면에 충격을 주어서 발생한 浸蝕.

⑤ 熱應力터짐 : 加熱冷却의 1사이클 또는 低사이클의 熱應力으로 발생하여 터진 것.