



## **Análisis del informe de resultados de ensayo de Emisión Acústica en base a lo establecido en al código ASME Boilers and Pressure Vessels Code (BPVC) Sección V Artículo 12 2007.**

Carlos M. Ortega\*, Ricardo E. Juárez  
VN Acoustic Emission  
Riglos 155 (1424) CABA, Argentina  
\* [cortega@vn-amps.com.ar](mailto:cortega@vn-amps.com.ar)

### ***Resumen:***

El código ASME Boilers and Pressure Vessels Code (BPVC) Sección V Artículo 12 2007 define los parámetros y magnitudes que deben ser registrados durante el ensayo de tanques sometidos a alta presión por la técnica de Emisión Acústica. La matriz de datos resultante del ensayo debe ser procesada y analizada a fin de obtener información sobre la integridad del recipiente. Se exponen los lineamientos para el proceso de los datos recabados por el sistema “Time Domain Analyzer VN520 Modular” y el consiguiente análisis del resultado, el cual se expresa en forma de tablas, gráficos en función del tiempo y diagramas de presión. Se establece la correlación entre lo solicitado en el código y el informe entregado por el sistema de control y adquisición “VN-Loc”. Se presenta el caso real de un tanque ensayado según el código. Se describe el ensayo y se analiza el informe resultante.

Palabras clave: Emisión Acústica, tanques, presión, BPVC, ASME 2004, ASME 2007

### ***Introducción:***

La Emisión Acústica es una técnica de múltiples aplicaciones en pleno proceso de expansión hacia rubros muy variados y que está firmemente establecida a nivel de normas para numerosos casos. Un campo donde la Emisión Acústica ha tenido un significativo éxito es el análisis de integridad de recipientes sometidos a presión. La organización ASME ha estandarizado la práctica de este ensayo bajo el código ASME BPVC del 2007 en la sección V Artículo 12.

El sistema de medición que se describe en el código encuadra en la figura de “sistema por análisis de parámetros”, en contraposición a los llamados “sistemas por análisis de señales”. Esto quiere decir que de la emisión acústica detectada se guardan ciertos parámetros y no una muestra completa de la señal. Estos sistemas basados en parámetros permiten registrar un número importante de señales por segundo, sin saturar las posibilidades del procesador de manejarlas, ya que una señal queda caracterizada por unos pocos bytes de información en lugar de una larga cadena conteniendo toda la señal digitalizada.

### *Parámetros definidos por el código*

El código establece los parámetros y variables que el sistema debe registrar además de fijar el número mínimo de emisiones que el sistema debe ser capaz de guardar en su memoria no volátil. El párrafo I-1291 obliga a registrar los siguientes parámetros de la emisión en cada canal, Fig. 1:

Tiempos de arribo	Tiempos en que la señal llega a los sensores luego de disparado el sistema por el primero de ellos.
Hits (Emisiones):	Cantidad de emisiones por encima del umbral.
Counts (Cuentas):	Veces que la señal pasa por el nivel de umbral.
Peak amplitude (Máximo):	Valor máximo de la señal.
MARSE:	Area de la señal rectificadora. Da una idea de la energía involucrada.
Presión:	Presión en el interior del recipiente bajo prueba.
Tiempo:	Momento, medido en horas, minutos y segundos, en que se registró la emisión en la memoria del sistema

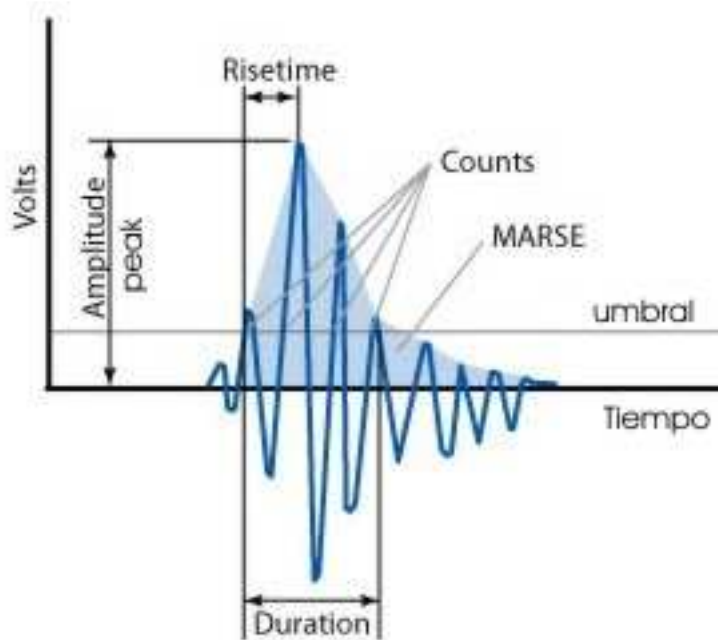


Fig.1 parámetros de una señal de Emisión Acústica.

La tasa mínima de emisiones que el sistema debe ser capaz de manejar es de 20 emisiones por segundo como lo establece el párrafo de referencia.

Durante el ensayo el sistema debe asegurar el registro de todas las emisiones con las condiciones de párrafo anterior, si en tiempo real el sistema realiza alguna función de localización esta debe estar supeditada al registro, interrumpiendo cualquier cálculo para atender la llegada de una nueva emisión. Guardar toda la información recibida es la función primaria del instrumento multicanal.

Los datos registrados forman una matriz con una fila por cada hit ordenados por el tiempo de registro. En dicha fila se encuentran los parámetros medidos y calculados por cada canal. Conceptualmente esta matriz es una “base de datos”. El software que extrae información de la matriz se parece más a un “administrador de base de datos” que a un sofisticado sistema de cálculo.

### ***Criterios de evaluación***

El criterio de evaluación sirve para aceptar o rechazar un tanque bajo estudio. El código expone un ejemplo de criterio de evaluación basado en la correlación de los datos recabados durante la medición (tabla T-1281 del código). Estos criterios pueden resumirse en:

- Aumento de cantidad de Hits con la presión.
- Incremento del Peak Amplitude de la señal recibida con la presión.
- Aumento de la Energía con la presión.
- Aceleración en la cantidad de Hits con la presión.
- No más de N Hits luego del tiempo de retención T (10 o 30 minutos). Se considera tiempo de retención aquel de espera entre dos aumentos de presión y que establece la forma de escalera del ensayo.

### ***Sistema VN520 modular***

El sistema “VN520 modular” ha sido diseñado para cumplir los requerimientos del código ASME en su totalidad. En conjunto con el software de medición y control VN\_Loc forman un sistema de medición integrado que entrega, a modo de resultado, un informe conteniendo el análisis de los datos recabados durante la medición. El informe contiene tablas y dos tipos de gráficos, los que son en función del tiempo y los ordenados por número de canal.

Las tablas y los gráficos permitirán establecer si se cumplen o no los criterios de evaluación.

### ***Ensayo de un tanque real***

A modo de ejemplo se expone el caso real de un tanque al que se le ha realizado un ensayo completo, de dos rampas, según el código ASME BPVC 2007. El recipiente bajo prueba es un tanque de gas propano de 45 kilos que previamente fue preparado para la medición, en este caso en particular fue despojado de su capa de pintura exterior mediante arenado. Se fijaron cuatro sensores en la superficie, dos en los casquetes y dos en el cuerpo del tanque. La presión máxima del ensayo es 1.5 veces la de trabajo, siendo ésta de  $14.8 \text{ Kg/cm}^2$  la presión máxima fue de  $22.2 \text{ Kg/cm}^2$ . Para medir y registrar la presión de ensayo se fijó un transmisor de presión digital como puede verse en la Fig. 2. Un segundo manómetro analógico de aguja se utilizó como contraste del digital. El tanque se llenó de agua y la presurización se realizó con una bomba manual ya que el tanque es de dimensiones reducidas. Una vez evaluado el ruido del entorno se realizó la medición. Se registraron un total de 185 emisiones por encima del umbral. La base de datos resultante contiene 185 filas, una por cada emisión, y en cada fila todos los parámetros de la emisión detectada por cada canal.



Fig 2 Vistas del tanque bajo prueba

### ***Tablas y gráficos del informe de resultados***

En la Tabla 1 se observan los promedios de Energía y Counts de los hits disparados por cada canal del sistema modular. Las bajas Energías y Counts son consistentes con un tanque en buenas condiciones e íntegro.

La columna “Emisiones Válidas” enumera aquellas emisiones con suficiente energía para que la resolución del algoritmo de localización sea consistente<sup>(1)</sup>. Por tratarse de un tanque en buenas condiciones las emisiones registradas no tienen las amplitudes necesarias para su correcta localización<sup>(2)</sup>. Pocas emisiones válidas también es evidencia de un tanque en buen estado.

### Detalle de los hits disparados por módulo

Número	Emisiones totales	Emisiones válidas	Energía promedio [nV*s]	Counts promedio
1	51	0	96,1726	38
2	0	0	0	0
3	5	0	140,2817	72
4	129	0	157,6276	56
5	--	--	--	--
6	--	--	--	--
7	--	--	--	--
8	--	--	--	--
Total:	185	0		

Tabla 1. Energía promedio y Counts promedio por canal

### *Escalera de presión propuesta en el código (Presión teórica) y presión real*

El tiempo y la presión en el interior del tanque están vinculados por la escalera de presión establecida en el código. Por esta razón los gráficos en función del tiempo también son función de la presión. Existe una presión teórica y otra real medida durante el ensayo. El primer gráfico del informe muestra la diferencia entre las dos curvas. Ambas deben diferenciarse lo menos posible. La forma en que se genera la presión dentro del tanque es vital para un buen ensayo. La bomba presurizadora debe estar en relación con el tamaño del tanque y con el fluido utilizado para la presurización. Los resultados pueden verse en la Fig. 3.

#### Curva de presión teórica y medida

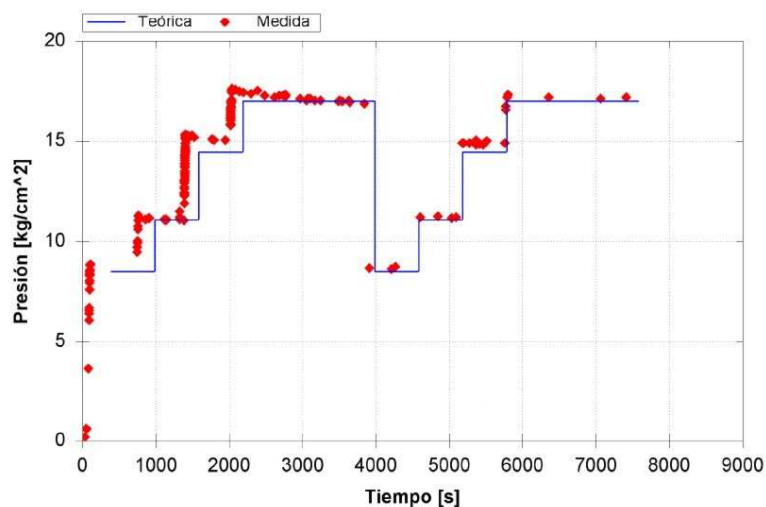


Fig. 3 Curva de presión teórica y la realmente medida.

Uno de los criterios de evaluación que muestra la integridad del tanque es la energía en función del tiempo. El criterio establece que la energía de las emisiones no debe aumentar con el incremento de presión. Puede verse en el gráfico, Fig. 4, la confirmación de este criterio.

#### Curva de presión teórica y energía de las emisiones

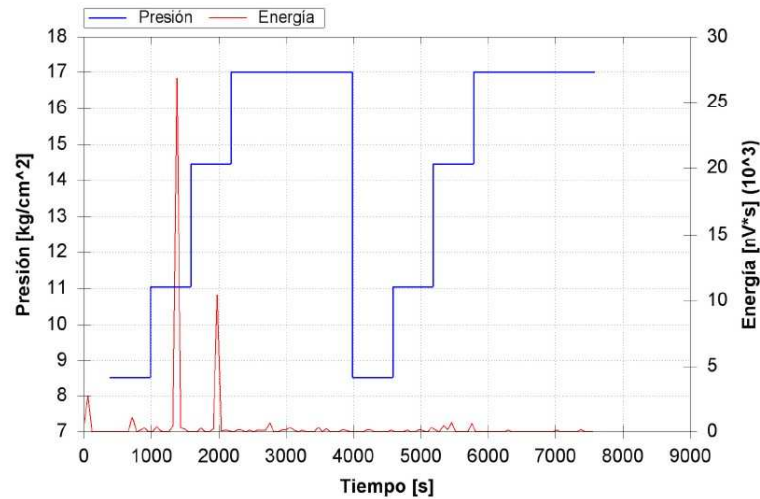


Fig. 4 Energía en función del tiempo

La energía acumulada en función del tiempo es otra forma de exponer el criterio de evaluación anterior. En la Fig. 5. la energía se muestra acumulada. Se deben observar con atención aquellas curvas crecientes con concavidad positiva indicativas de aceleración de energía de las emisiones. Un crecimiento exponencial en la energía indica posible rotura catastrófica<sup>(3)</sup>. En el ensayo de ejemplo la concavidad es negativa.

#### Curva de presión teórica y energía acumulada de las emisiones

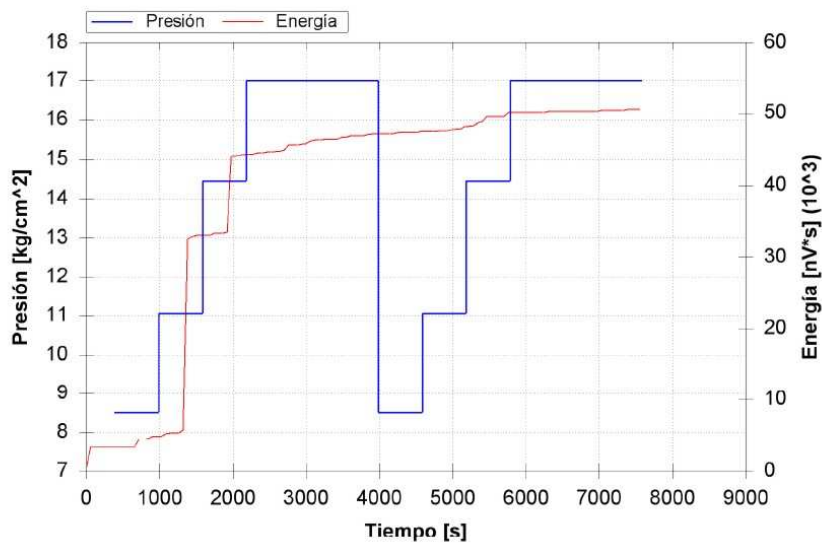


Fig. 5 Energía acumulada de las emisiones en función del tiempo

El otro criterio de evaluación está referido a los hits acumulados en función del tiempo Fig 6. Estos también deben tener concavidad negativa. El amesetamiento al finalizar los tiempos de sostenimiento (10 o 30 minutos) demuestran la integridad del tanque. Durante la segunda escalera también se observa el efecto Kaiser<sup>(4)(5)</sup>, pocas emisiones hasta llegar a la presión máxima

### Curva de presión teórica y cantidad de hits acumulados

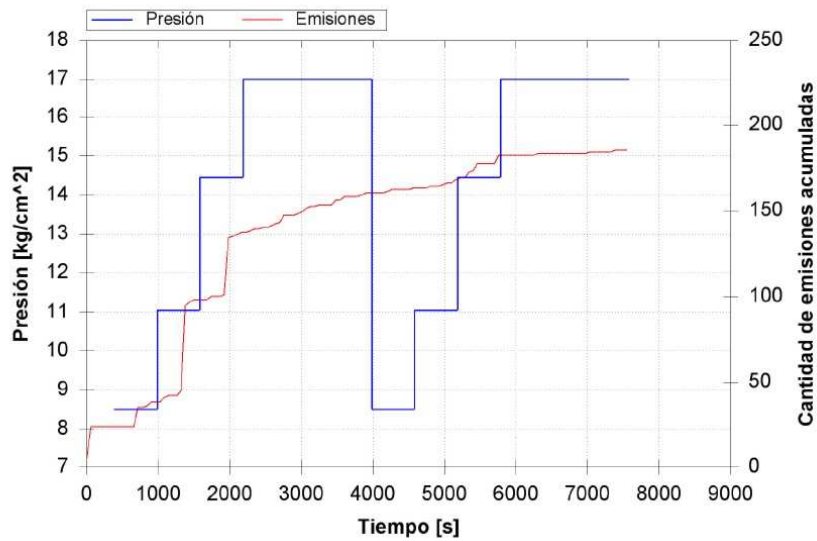


Fig 6 Cantidad de hits acumulados en función del tiempo

Los máximos de las amplitudes de las emisiones en función del tiempo tampoco deben crecer con el aumento de presión. En la Fig. 7 se observa como los máximos disminuyen frente al aumento de presión indicativo de un tanque en buen estado.

### Curva de presión teórica y máximos de las emisiones

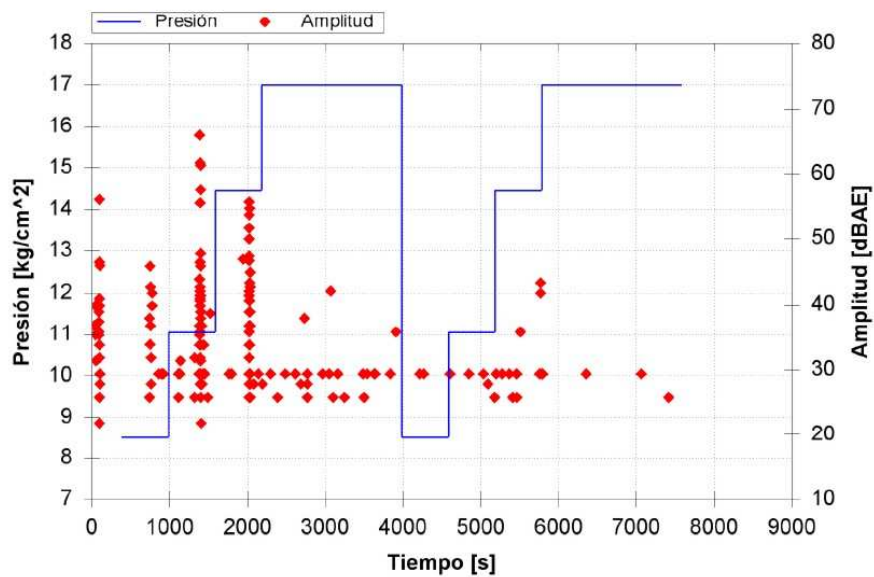


Fig. 7 Máximos de las emisiones en función de la presión.

La cantidad de Hits detectados por módulo dan idea de la localización zonal de las emisiones, Fig. 8. Si bien las emisiones son de baja amplitud puede observarse una uniformidad entre los máximos ya que las diferencias no superan los 6dB.

### Cantidad de hits detectados por módulo

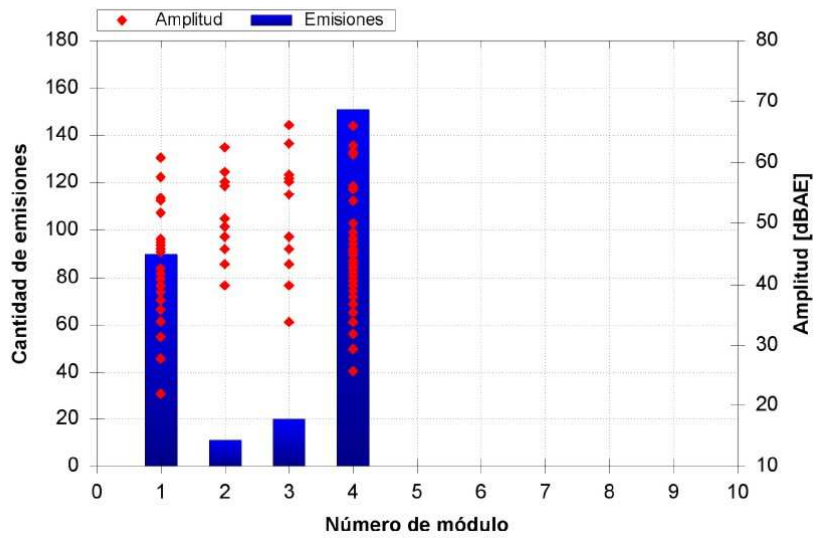


Fig. 8. Hits detectados por módulos

La energía total recibida por módulo, Fig. 9, también es un índice de integridad. Altas energías acumuladas por los módulos dan idea de fallas. Cuando se habla de altas energías acumuladas el orden de magnitud es  $10^6$ . En este caso dicho orden es de  $10^3$ , consistente con un tanque en buenas condiciones.

### Energía total recibida por módulo

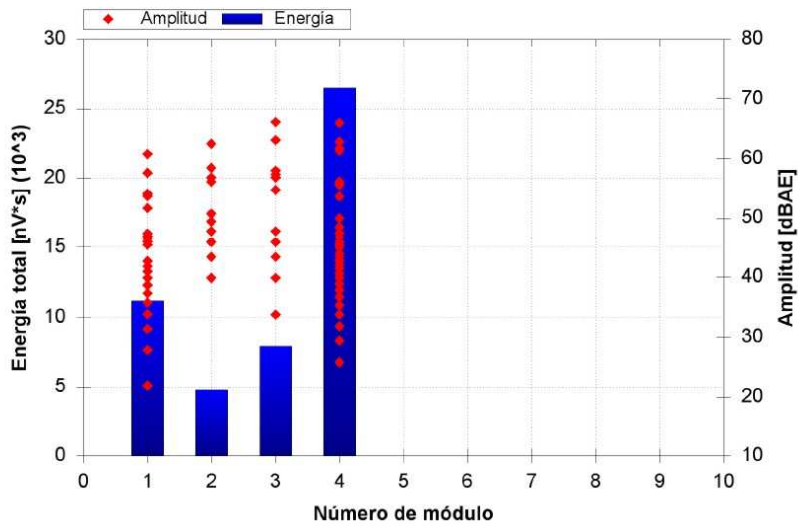


Fig. 9 Energía total recibida por módulo.

En la fig. 10 se observan los Counts totales por módulo. Al igual que el caso anterior un número alto de Counts totales da idea de falla.



### Counts totales por módulo

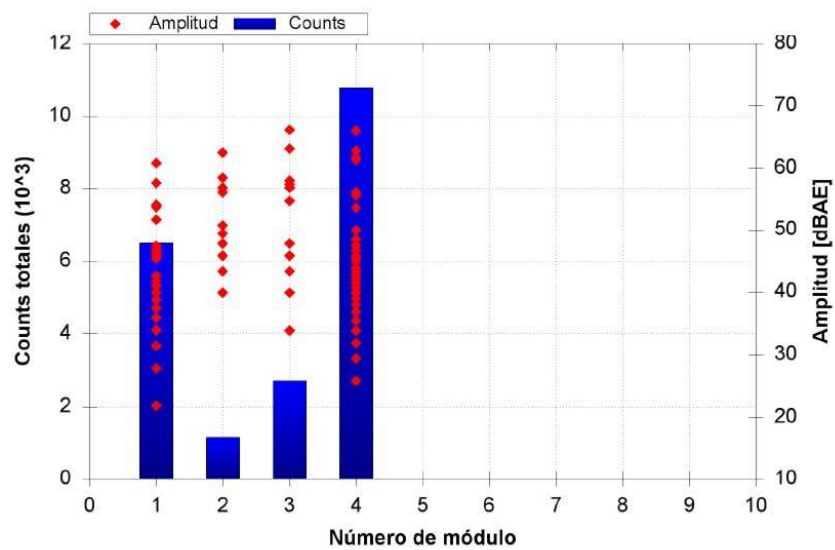


Fig. 10 Counts totales por módulos

### Conclusiones:

Se han expuesto los requerimientos del código ASME BPVC 2007 Artículo 12 en referencia a los parámetros de las emisiones que deben registrarse durante el ensayo de Emisión Acústica. También se enumeraron los criterios de evaluación que establece el código para la aceptación o no de un tanque respecto a su integridad.

Se utilizó el ensayo de un tanque real para analizar el informe de resultados del sistema VN520 modular. Durante el análisis se extrajeron conclusiones sobre los criterios de evaluación del código en base a los gráficos contenidos en el informe de resultados del software VN\_Loc.

### Referencias

- 1 P Mix, 'Introduction to Nondestructive Testing', John Wiley & Sons, Inc., Second Edition, pp. 27-30, 2005. .
- 2 J H Kurz, S Köppel, L Linzer, B Schechinger, C U Grosse, 'Acoustic Emission Testing', Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 130-131, 2008.
- 3 The American Society of Mechanical Engineers, 'ASME Boilers and Pressure Vessels Code', Sección V, Artículo 12, párrafo T1244.3.3, 2007
- 4 J Kaiser, 'Untersuchungen über dem auftreten Geräuschen beim Zugversuch', Ph.D. thesis, Technische Hochschule, Munich, 1950.
- 5 ASM Handbook, 'Nondestructive Evaluation and Quality Control', ASM International, Volume 17, 5<sup>th</sup> edition, pp. 608-612, 1997.