



Máquinas y herramientas

$$\sigma_{ad} = 1.600 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \Rightarrow \sigma_{rd} = 16.000 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Capítulos 1, 2, 3 y 4

Guía didáctica

Índice | Máquinas y herramientas

1. Historia de las herramientas y las máquinas herramientas

1.1. Introducción

1.2. Desarrollo

- ◆ 1.2.1. Herramientas como prolongación de la mano del hombre
- ◆ 1.2.2. Aparición de las primeras máquinas
- ◆ 1.2.3. Bocetos de Leonardo da Vinci
- ◆ 1.2.4. Aparición de la máquina de vapor
- ◆ 1.2.5. La Revolución Industrial
- ◆ 1.2.6. El aporte de Joseph Whitworth
- ◆ 1.2.7. Las herramientas al rojo vivo de Taylor
- ◆ 1.2.8. La llegada de los motores de corriente continua
- ◆ 1.2.9. La mega fábrica de Henry Ford
- ◆ 1.2.10. Osram y la aplicación del principio del filamento lumínico como herramienta de corte. Nace el Metal Duro
- ◆ 1.2.11. Los aliados devuelven la fábrica a Krupp y estos denuncian la falta de 5.200 patentes de herramientas de metal duro
- ◆ 1.2.12. Diez años posteriores a la Segunda Guerra Mundial llega el primer CN, control numérico
- ◆ 1.2.13. Toman protagonismo las máquinas herramientas con el aporte de la computadora
- ◆ 1.2.14. Nuevas aleaciones y el desarrollo de nuevos materiales permiten a las herramientas terminar el siglo XX a la vanguardia
- ◆ 1.2.15. Las herramientas y máquinas herramientas entran en una nueva era, el futuro se hace presente. Llegan el láser T y el ultrasonido

1. Historia de las herramientas y las máquinas herramientas

Capítulo 1

1.1. Introducción

Para hablar de herramientas hay que remontarse hasta los orígenes del hombre porque, desde siempre, lo acompañaron en su evolución. Cuando las manos del hombre ya no eran suficientes para realizar alguna tarea, necesitó algún objeto o dispositivo para ayudarse, así nacieron las herramientas.

Si bien las herramientas fueron variando en cuanto a su forma, diseño, tamaño, calidad, hoy en día siguen siendo el principal auxilio con que cuenta el ser humano para realizar su trabajo. Miles de ellas surgieron en esa evolución, empezando por la simple palanca que, sin duda, fue una de las primeras.

Por eso, en una simple definición, podemos decir que “las herramientas son una prolongación de la mano del hombre”.

Es posible enmarcar cronológicamente los distintos procesos de cambio que realizaron las herramientas desde las primeras y rudimentarias piedras talladas hasta las actuales.

1.2. Desarrollo

Al hablar de herramientas y máquinas herramientas es menester aclarar que, contando ambas con distintos orígenes, la historia se encargó de unir sus desarrollos y evolución, al punto de existir en la actualidad una dependencia directa de unas con otras, siendo ambas pertenecientes a industrias distintas.

Cronología



6000 aC

El origen de las herramientas puede situarse hace más de 50.000 años durante la Edad de Piedra. Aparecen las primeras flechas y cuñas preparadas por nuestros antepasados.



4500 aC

El primer salto evolutivo destacable se comienza a ver hace unos 6.500 años durante la Edad de Bronce. Se producen utensilios para alfarería. Los más antiguos hallazgos arqueológicos los datan en esa época.



1500 aC

Hace 3.400 años, durante la Edad de Hierro, se desarrollan las primeras herramientas de corte el hombre comienza a trabajar con corta fríos y unos rudimentarios taladros.

Los conceptos de herramienta y de máquina herramienta difieren bastante. Las herramientas son pensadas en función de los materiales (tanto en su fabricación, como con el material con el que se trabajará), mientras las máquinas herramientas son pensadas en función de la operatoria a realizar por ésta (será diseñada para realizar distintas operatorias como: agujerear, cortar, pulir, tornear, fresar, etc.).

Si bien siempre unas dependieron de las otras, es interesante ver cómo una superaba a las otras y se invertían las supremacías, según el momento histórico y posibilidades de desarrollo, que las llevó a una no buscada competencia que sirvió para su extraordinario crecimiento y evolución.

1.2.1. Herramientas como prolongación de la mano del hombre

Desde nuestros orígenes, el hombre aprendió a manipular elementos simples. Posiblemente, empezó a hacerlo cuando ya no pudo realizar su trabajo con las manos.

Tanto fueran simples utensilios para uso diario, como otros elementos verdaderamente utilizados para efectuar algún trabajo determinado, en lo conceptual, podemos decir que las herramientas son la prolongación de la mano del hombre. En lo real, decimos que las herramientas son el medio que permiten al hombre realizar lo que no puede hacer con las manos.

No sabemos a ciencia cierta cuándo el hombre tomó conciencia de utilizar un aditamento que le fuera útil para lograr su objetivo.

Pasaron muchos años desde las primeras flechas y cuñas hechas por nuestros antepasados, pasando por la palanca, la rueda, el canasto, la cuerda, los recipientes, etc. Aprender a dominar el fuego, y más tarde, con ese fuego

Como aporte adicional se incluye un anecdotario que recopila comentarios y sucesos que se consideran interesantes para compartir con los alumnos. La idea es brindar información complementaria a las imágenes y los contenidos desarrollados en el documental.

ANECDOTARIO



1000 aC

Cuando el hombre ya no pudo con sus manos y herramientas manuales, comienza a desarrollar aparatos o dispositivos que, mediante algún sistema de rotación de una pieza, le permitieron trabajar la superficie de ésta, transformándola.

Unos 1.000 años antes de Cristo, durante el Imperio persa, en el litoral situado entre los ríos Tigris y Éufrates, se localizan lo que podríamos llamar las primeras e insipientes máquinas herramientas, los tornos alfareros construidos en madera y accionados con el pie.

100 aC

Luego los celtas, unos 100 años antes de Cristo, realizan brazaletes metálicos, mecanizados en máquinas rudimentarias impulsadas por molinos de agua junto a arroyos o vertientes, que les permitieron desarrollar el movimiento circulatorio.

manipular metales, no hizo más que reafirmar una mejora en sus habilidades y su intelecto. El hombre pasó por la Edad de Bronce, la Edad de Hierro, y en todas estas etapas las herramientas creadas fueron muy pocas, casi no contaron con una trascendencia tal que justificara su mención. Podríamos decir que recién hace unos 3.400 años antes de Cristo, el hombre comenzó a utilizar unos rudimentarios taladros, masones de golpe y corta fríos, todos pertenecientes a la Edad de Hierro. Se podría decir que estas fueron las primeras herramientas medianamente equiparables a las herramientas actuales, cumpliendo estas las mismas funciones que sus similares modernas. Con el tiempo, la evolución puso su parte y el desarrollo e ingenio del hombre puso la otra. El hombre creció, con él también sus necesidades, y con estas aparecieron nuevos utensilios que terminaron en herramientas, cuando de trabajo se trataba.

Hoy la herramienta es la mejor aliada del hombre cuando este emprende un trabajo, es más, resulta muy difícil hablar de un trabajo sin hablar de sus herramientas, la fuerza de esta palabra ha llegado a tal punto, que hemos llegado a su desmaterialización, incluso hoy día, solemos hablar para determinados trabajos, de herramientas intelectuales.

Todo un paradigma. Para finalizar podríamos decir, como síntesis, que desde el principio y casi toda la vida, el hombre y la herramienta han compartido sus historias.

1.2.2. Aparición de las primeras máquinas

¿Cómo hacer para determinar cuáles fueron las primeras máquinas?

Primero, tendríamos que definir qué interpretamos por máquina. Se entiende por máquina al conjunto de piezas o elementos, móviles o no móviles que por efecto de su

Si a esta palabra le agregamos, máquina usada como herramienta, nos tendríamos que remontar al Imperio persa entre 600 y 500 aC. con los primeros telares textiles porque entonces, se utilizaban rudimentarios tornos alfareros, cuya función era la de poner en una situación giratoria a la pieza a trabajar.



1250

Pasaron muchos años hasta que en el año 1250 después de Cristo se desarrolla, un sistema de impulsión a pedal para obtener movimientos circulatorios de tomeado y taladrado, principales movimientos requeridos para los procesos de mecanizado de la época.

1400

Recién a fines del siglo XV, Leonardo da Vinci, en su "Código Atlántico" realizó bocetos de varios tornos que no pudieron construirse por falta de medios, pero que sirvieron de gran orientación para los próximos desarrollos.

Leonardo dedicó mucho tiempo a calcular relaciones de engranajes y formas ideales de dientes. Sumado a esto, la utilización de las novedosas herramientas de acero al carbono, se pensó que ya existían todas las condiciones para un fuerte desarrollo. Sin embargo, hasta mediados del siglo XVII el desarrollo tecnológico fue prácticamente nulo.

Tecnológicamente, se diría que las primeras máquinas herramientas fueron tornos y taladros muy sencillos cuando el hombre dejó libre sus manos, pudiendo imprimir el movimiento necesario con el pie, mediante el artilugio de pedal y pértiga flexible. Esto fue -aproximadamente- en un periodo posterior al Imperio romano, entre los años 1000 al 1200 de nuestra era. Durante muchos años posteriores, los tremendos cambios sociales y culturales producto de las constantes luchas, guerras e invasiones mutuas entre imperios y naciones, del hasta entonces mundo conocido, no permitieron mayores desarrollos. Solo tuvieron evolución aquellos vinculados al diseño y la fabricación de armamentos. Se podría decir que fue un periodo de la historia con sociedades abocadas a sus necesidades mínimas y no a la investigación. Entre los siglos XV y XVIII comienzan a aparecer en el mundo síntomas de cambios muy profundos. Transcurren las guerras religiosas, el expansionismo europeo con los imperios marítimos, la colonización de América, las revoluciones burguesas en Holanda, Inglaterra, Norteamérica, Francia, por citar algunos ejemplos, hechos que concentraron la atención de las sociedades de la época. También, época donde surgen mentes brillantes como Voltaire, Galileo Galilei o Miguel Ángel Buonarroti que contribuyen al cambio.

En lo referente a las máquinas, también aportan lo suyo, ilustres como el prodigio matemático francés Blaise Pascal, quien enuncia el principio que lleva su nombre en el “Tratado sobre el equilibrio de los líquidos” y descubre el principio de la prensa hidráulica; o como el florentino Benvenuto Cellini que construye la primera prensa de balancín o el incomparable Leonardo da Vinci.

1.2.3. Bocetos de Leonardo da Vinci

Prácticamente, es imposible pasar por esta época de la historia sin mencionar a Leonardo da Vinci, sea cual fuere el tema que se analice. Hombre de una inteligencia, inventiva y creatividad casi únicas. No es fácil hablar de Leonardo, por la admiración y respeto que provoca tan solo su nombre, toda una marca registrada. Este florentino, vegetariano, efectuó significativos aportes a la arquitectura, botánica, medicina, pintura, escultura, física y, también, a la mecánica.

Como inventor dejó los planos del primer tanque de guerra y el principio del helicóptero. Pero sobre todo diseños de máquinas herramientas como: una máquina para acuñar monedas, una lamina-



1690

El francés Denis Papin, con el experimento de su famosa “marmita”, realizado en 1690, dio a conocer el principio de la máquina de vapor. Poco después, Thomas Newcomen inició la construcción de rudimentarias máquinas de vapor “máquinas de fuego” que fueron utilizadas para achicar el agua en las minas inglesas.

Pero, definitivamente, fue James Watt quien ideó y construyó la máquina a vapor para usos industriales, este gran invento dio origen a lo que se llamó la primera Revolución Industrial.

1751

Para 1751 el desarrollo siderúrgico permitió la fabricación de las primeras mechas para agujerear de aceros al carbono, que utilizan agujereadoras y taladradoras de uso industrial.

dora, una recortadora, y un sinnúmero de variantes de tomos y sus dispositivos. No pudo fabricar estas máquinas por falta de medios, pero dieron origen a la mayoría de las construidas con posterioridad por los más importantes fabricantes de máquinas herramientas.

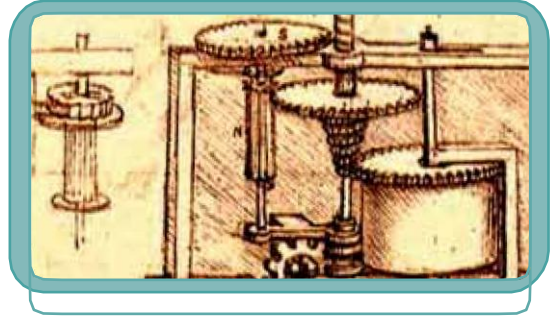
Son seis los diseños de tornos completos hechos por Da Vinci, todos innovadores, sencillos y prácticos.

Aunque parezca increíble, el mayor aporte

efectuado por Leonardo a la mecánica fueron los bocetos recopilados, luego de su muerte, por su discípulo Francesco Melzi, en su "Código Atlántico" (Atlantico por el tamaño de los atlas o bocetos, no por el océano) en los que dedicó muchísimo tiempo al cálculo de relación entre engranajes y la forma ideal de los perfiles y ángulos de los dientes de los engranajes.

Su aporte fue tal que, hoy día, en la mayoría de las universidades del mundo en las que se estudia ingeniería se analizan los bocetos de Leonardo como introducción al estudio de engranajes. El mundo de la mecánica cimentó su desarrollo futuro gracias a los trabajos y estudios de Leonardo. Motores, transmisiones, máquinas herramientas, vehículos mecánicos, o todo tipo de maquinaria que utiliza engranajes aplican los principios de Leonardo, desde el comienzo de sus diseños hasta la fabricación, todos vigentes hasta el día de hoy.

Seguramente, el mundo de la mecánica no sería el mismo de no haber existido Leonardo da Vinci.



1.2.4. Aparición de la máquina de vapor

Un tema primordial para la época era encontrar la forma de suministrar la energía que permitiese funcionar a las máquinas herramientas. Generalmente hasta ese entonces, la energía era suministrada por molinos de agua o por sistemas de tiro.

Los molinos de agua eran operables si podían instalarse a la rivera junto a un arroyo o río cercano que permitiese, mediante el curso de agua, el movimiento de las aspas del molino que,

1765

En 1765, John Wilkinson desarrolla los primeros taladros para construir cañones. La mayoría de las máquinas de la época se utilizaban para la industria armamentista, siendo estos taladros los primeros con columna central, todo un adelanto.

Durante este periodo se produjo el gran desarrollo de un sinnúmero de maquinarias que permitieron un rápido crecimiento del rubro metalmeccánico en los países más desarrollados de la época. Gran cantidad de máquinas creadas para el trabajo en madera son mejoradas y reformadas para su utilización con materiales ferrosos. En ese entonces se crearon los tomos totalmente metálicos, tomos de torretas, tomos copiadores, acepilladoras, mortajadoras, taladradoras, pulidoras y fresadoras, entre otros.

al producir el movimiento giratorio, producían la energía necesaria. Siempre se dependía de las condiciones climáticas para contar con el suficiente caudal de agua en esos cursos.

En cuanto al sistema de tiro, consistía en una rueda de unos 5 a 6 metros de diámetro aprox. puesta en forma horizontal en la que se colocaban animales de tiro que, girando durante varias horas, generaba energía. Por estos condicionamientos las máquinas herramientas debían instalarse en lugares que tuvieran baldíos o terrenos próximos a los talleres para la manutención de los animales. Un francés, Denis Papin, dio a conocer en 1690 el principio fundamental de la máquina de vapor. Unos años más tarde, Thomas Newcomen en 1712 construyó unas rudimentarias máquinas de vapor que se utilizaron para achicar (extraer) el agua en las minas inglesas de carbón. Finalmente, James Watt, un joven escocés de 29 años, construyó, bajo su diseño en 1765, las primeras máquinas de vapor de uso industrial, que permitieron la independencia de las máquinas en el uso de energía. La máquina de Watt permitió más flexibilidad en la instalación de las máquinas herramientas, incluso podía aplicarse en equipos pequeños, permitiendo una pronta proliferación de industrias de todo tipo (para la época industrias muy importantes como la textil, naval, construcción, armamentística, ferroviaria, entre otras) lo que provocó el mayor espaldarazo a lo que la historia conoce como Revolución Industrial.

Lo malo de las máquinas de vapor es que eran muy ruidosas, difíciles de encender, requerían de mucho mantenimiento y, lamentablemente, resultaron muy sucias y contaminantes. Sus detractores las llamaban las máquinas de negro, en alusión a las grandes nubes de humo negro que generaban cuando estaban trabajando a pleno.

Tampoco eran muy populares entre quienes tenían que manejarlas, ya que la mayoría de sus operadores tenían un sinnúmero de cicatrices, producto de quemaduras muy frecuentes porque no contaban con las mínimas medidas de seguridad.

1.2.5. La Revolución Industrial

Le llevó mucho tiempo a Watt mejorar su invento. Para fines de 1780 pudo perfeccionar la máquina de vapor convirtiéndola en una verdadera aplicación práctica como proveedora de energía a las máquinas herramientas.

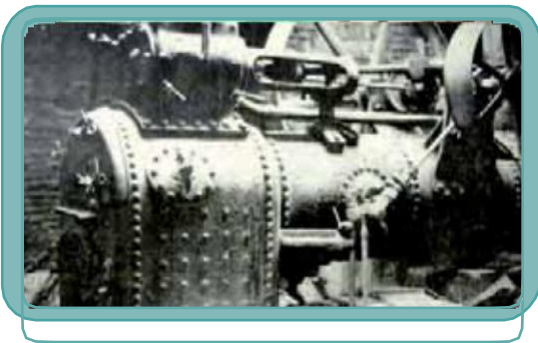


1850

Hasta 1850 los ingleses fueron los líderes y prácticamente los únicos fabricantes de máquinas herramientas. A partir de esa fecha se dedicaron, principalmente, al diseño y la fabricación de grandes máquinas, con el fin de dar solución al mecanizado de piezas para los ferrocarriles en cuyo desarrollo estaban comprometidos. Fue a partir de ese momento cuando los americanos se impulsieron en el ámbito mundial en la fabricación de máquinas herramientas más ligeras, universales y de producción hasta fines del siglo XIX.

Para ese entonces, después de muchos intentos fallidos debido a que no se podían obtener tolerancias adecuadas en el mecanizado de cilindros en barrenadoras o mandrinadoras de la época para la fabricación de cañones, el industrial inglés John Wilkinson (llamado “Hierro enojado” por su mal carácter, y su terrible obsesión con el hierro fundido¹) construye, por encargo de Watt, una mandrinadora-agujereadora de diseño novedoso y técnicamente avanzado, por su mayor precisión.

Con esta máquina herramienta, equipada con un ingenioso cabezal giratorio y desplazable, se consiguió un error máximo del espesor de una moneda de seis peniques en un diámetro de 72 pulgadas. Evidentemente una tolerancia muy grosera, hoy día, pero suficiente para garantizar el ajuste y hermetismo entre pistón y cilindro de la máquina de vapor de Watt. A la máquina de vapor se le suma una importante mejora en las tolerancias de fabricación, y las primeras herramientas de acero al carbono, la sumatoria de las tres novedades tecnológicas resultan los puntales de los grandes cambios y desarrollos que dieron vida a la Revolución Industrial.



Las máquinas creadas originariamente para el procesamiento de la madera fueron copiadas, pero mejoradas para su utilización con materiales ferrosos. Así, nacen máquinas herramientas como: tornos totalmente mecánicos (por ese entonces los bastidores y bancadas eran de maderas duras, que fueron mayormente reemplazadas por piezas de fundición); tornos con torretas (se usaban con un solo porta herramientas, la variante estaba en incorporar varias herramientas para distintas operatorias en una misma torreta); tornos copiadores mejorados (con la

particularidad de poder efectuar piezas idénticas, mecanizándolas con un dispositivo llamado copiador, que permitía copiar un diseño patrón y así hacer todas las piezas iguales); y un número importante de máquinas herramientas desarrolladas en esa época. Las acepilladoras, mortajadoras, y taladradoras fueron mejoradas, mientras que las pulidoras, también llamadas rectificadoras,

¹ Llegó a diseñar y fabricar ataúdes de fundición y hasta un obelisco totalmente de hierro fundido hecho en partes. Murió en 1808 y fue enterrado en uno de sus ataúdes de hierro.



1850

El inglés Joseph Whitworth, perfeccionó el torno paralelo de tal manera, que su diseño monopolea de 1850, ha tenido vigencia hasta nuestros días. Además, Whitworth fue fabricante de herramientas y fue quien desarrolló el sistema de rosca que lleva su nombre basado en la pulgada, rápidamente introducido en la industria. En 1861 fue adoptado por el Institute of Civil Engineers de Inglaterra, los americanos lo adoptaron en 1868. En 1890 los norteamericanos perfeccionan el torno de Whitworth incorporando la caja de cambios Norton, vigente hasta nuestros días.

1865

En 1865 las prestaciones de las máquinas herramientas aumentan al equiparse con las nuevas herramientas fabricadas con aceros aleados, descubiertos por Robert Mushet, lo que permitió duplicar las prestaciones productivas respecto a las herramientas de acero al carbono conocidas hasta entonces.

fueron rediseñadas para el uso de nuevos tipos de piedras. Por último, nace la -quizás- máquina de mayor desarrollo desde su creación hasta nuestros días, la fresadora.

Durante las guerras napoleónicas se puso de manifiesto el problema que creaba la falta de piezas intercambiables en el armamento que se usaba. Era un problema al que se le debía encontrar solución ya que los presupuestos en la reposición de armamento eran impresionantes. Había que diseñar y fabricar máquinas herramientas adecuadas, ya que no existía uniformidad en las medidas y tolerancias que se pedían, siendo hasta entonces de una fabricación casi artesanal.

El ingeniero inglés Henry Maudslay, mejorando lo que hizo Wilkinson, fue uno de los primeros en dotar a sus máquinas de mayor precisión. En 1897 construyó un torno para cilindrar que marcó una nueva era en la fabricación de máquinas herramientas, con altísima precisión, realizado en una estructura totalmente metálica y rígida. La influencia de Maudslay en la construcción de máquinas herramientas británicas perduró durante gran parte del siglo XIX, a través de sus discípulos. Los destacados Richard Roberts y Joseph Whitworth trabajaron a sus órdenes.

Durante todo el siglo XIX se construyeron una gran variedad de tipos de máquinas herramientas para dar respuesta, en cantidad y calidad, al mecanizado de todas las piezas metálicas de los nuevos productos que se iban desarrollando.



1898

En el año 1898, se produce un hecho trascendente para la industria en general y, más aún, para las herramientas y máquinas herramientas. En los Estados Unidos, Frederick Winslow Taylor, mundialmente conocido como “el padre de la industrialización moderna”, incorpora a unos aceros Musher un porcentual de tungsteno logrando, luego del temple, que esta herramienta no pierda su filo al ser sometida a condiciones extremas, trabajando en forma muy rápida. Por eso se los llamó aceros rápidos. Tal vez, éste sea el descubrimiento más importante ocurrido a fines del siglo XIX, en el rubro metalmecánico a nivel mundial.

Taylor no solo los descubrió, sino que efectuó ensayos en más de 400.000 toneladas de los más variados aceros de la época, desarrollando parámetros, normas y conceptos técnicos para las herramientas de corte, que mantienen total vigencia en la actualidad.

1.2.6. El aporte de Joseph Whitworth

En el momento de mayor desarrollo de la máquina herramienta, el millonario británico Sir Joseph Whitworth² desarrolló un método de producción denominado de medidas finas, con el que se obtenían piezas con superficies planas. El sistema consistía en realizar el acabado frotando dos superficies con una mezcla de aceite y esmeril, logrando superficies planas con una exactitud maravillosa. Este polifacético hombre perfeccionó un torno paralelo al que le incorpora un dispositivo que permite realizar, en dicho torno, una rosca que lleva su nombre. En 1841 perfeccionó un sistema para roscas de tornillos ideado por él, que se transformó en el primer sistema estandarizado de rosca y que, con el tiempo, se convirtió en el “Whitworth estándar británico”, mundialmente conocido como rosca BSW, adoptado por el gobierno británico en 1884 y revalidado en 1956.

La estandarización permitió una mejor organización y manejo de piezas a rosca en la mayor industria desarrollada por los ingleses en esa época, los ferrocarriles. Su trascendencia fue tal que, en determinado momento y a través de los ferrocarriles ingleses, esa rosca fue conocida y utilizada en casi todo el mundo. Ya para 1850, Whitworth era reconocido como el primer y mayor constructor de máquinas herramientas del mundo. También se lo conoce por introducir en las máquinas herramientas la caja Norton: una caja de velocidades que permite transmitir la velocidad en la máquina mediante el uso de engranajes reemplazando las poleas. Una variante que mantiene vigencia hasta nuestros días.

1.2.7. Las herramientas al rojo vivo de Taylor

Ya casi finalizando el siglo XIX, se produce uno de los acontecimientos más importantes del rubro metalmeccánico. Exactamente en 1898, el ingeniero norteamericano Frederick Winslow Taylor, sin saberlo, hizo un descubrimiento que se transformaría en un hito y pondría a las herramientas de corte en una posición privilegiada. Experimentando con su colega Maunsel White con unos aceros Midvale N° 68, al que les había agregado altos contenidos de tungsteno y

² Durante el curso de su vida hizo una gran fortuna siendo una persona caritativa. Consecuentemente, él podía establecer becas de estudios para alumnos indigentes, o de muy bajos recursos, conocidas como las becas Whitworth, lo que le valió ser nombrado “Sir” por la reina Victoria de Inglaterra, y que el edificio principal del campus de la Universidad de Manchester lleve su nombre.



1908

Juntamente para la misma época y, cuando las fuentes de energía del siglo XIX se manifiestan insuficientes, aparecen los motores de corriente continua fabricados en pequeña escala reemplazando a las máquinas de vapor. Esto provoca un gran impulso en la fabricación de las herramientas y máquinas herramientas. Por ejemplo: en 1908 Henry Ford, monta una mega fábrica para la producción de su modelo “T” en Detroit, Estados Unidos, donde se perfeccionan una gran cantidad de máquinas

romo, comprobó -accidentalmente- que calentándolo casi hasta la temperatura de fusión para templarlo, adquiría una nueva y desconocida propiedad que la denominó dureza al rojo vivo (las publicaciones de la época la denominaban rojo cereza). Esa propiedad consistía en conservar la dureza de temple hasta temperaturas del orden de los 600° grados centígrados, temperatura que sólo se puede generar durante el corte de metales, sobre todo sometido a la fricción de altas velocidades de corte. Justamente, los operarios de la empresa Bethlehem Iron Company, en la que Taylor trabajaba como consultor, fueron los que hablaban de un acero para trabajar muy rápido. Al poco tiempo, pasaron a denominarlos -genéricamente- como aceros rápidos. Gracias al descubrimiento de Taylor y White, la firma en la que se produjo el novel descubrimiento y en la que también se efectuaron ensayos posteriores, pasó a llamarse Bethlehem Steel Company.

HERRAMIENTAS JÓVENES: El documental se refiere a los orígenes mismos, tanto de las herramientas como de las máquinas herramientas. Sin embargo, tuvieron que pasar muchos años como para poder decir: “esta es una verdadera herramienta de corte”; lo mismo para decir esta es una “buena máquina herramienta”.

Tengamos en cuenta que hasta 1898, año en el que Frederick Winslow Taylor descubre el acero rápido, se utilizaban generalmente aceros al carbono, aceros similares a los que se mecanizaban pero templados. Es decir, con una limitada dureza superficial, ya que su composición no permitía que fueran más duras, condición que las transformaba en herramientas de corte muy débiles, que debían ser afiladas constantemente.

La industria metalmeccánica, al no contar con herramientas de calidad, limitaba el diseño de las máquinas herramientas. No se justificaba, para sus necesidades, fabricar maquinaria más sofisticada que la que había.

La llegada de los aceros rápidos de Taylor, dió origen a un cambio total en el mundo metalmeccánico. A partir de ese momento, comienza una vertiginosa carrera entre los fabricantes de herramientas y los de máquinas herramientas para obtener el liderazgo del mercado.

¿Quiénes estaban más avanzadas, las herramientas o las máquinas herramientas?

Esta carrera sigue vigente en nuestros días, fogueando la competitividad de los fabricantes de ambas alternativas.

ANÉCDOTA.01



1927

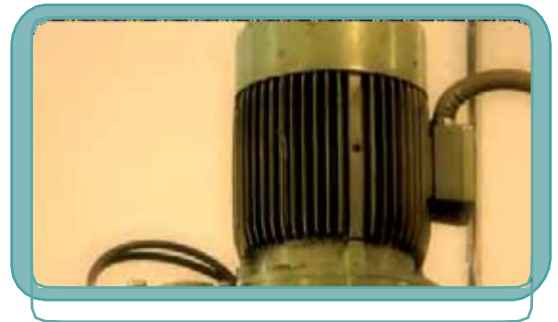
En la Feria de Leipzig (Alemania) en 1927 se presenta una herramienta que deslumbraría al mundo. La firma Krupp Widia Factory hace demostraciones con un nuevo material denominado “hardmetal” -expresión alemana de metal duro- bajo la marca “Widia”. Herramienta que dará la vuelta al mundo con esa denominación. La firma de la familia Krupp, pasará a ser la mano derecha de Adolf Hitler, motivo por el cual ese material fue tratado como secreto militar durante toda la Segunda Guerra Mundial. Finalizada la guerra, la empresa fue confiscada a sus dueños y devuelta recién en 1953, cuando los secretos del poder alemán ya tenían amplia difusión.

Taylor siguió perfeccionándolo y en 1906 le incorporó vanadio, mejorando su calidad. Estas herramientas revolucionaron el mundo metalmeccánico ya que “no” existían máquinas herramientas que permitiesen obtener su máximo rendimiento, provocando en los fabricantes de máquinas el gran desafío de incrementar al triple las velocidades de corte de la época. Éstas podían trabajar a más de 40 metros por minuto, velocidades muy por arriba de los 10 metros por minuto que se utilizaban por entonces.

Con estas herramientas Taylor efectuó miles de ensayos para establecer las bondades que tenían mecanizando más de 400 toneladas de distintos tipos de materiales. También llamado el padre de la industrialización moderna, y artífice del movimiento empresarial denominado “Taylorismo”, estandarizó el diseño constructivo de distintas herramientas, adaptando cada diseño al material a mecanizar. Tan completo resultó su trabajo, que sus diseños aplicados con los aceros rápidos de hace más de 100 años, siguen vigentes hasta nuestros días.

1.2.8. La llegada de los motores de corriente continua

Llegando el fin de siglo, se produce un hecho que -sumado a las herramientas de Taylor- permitiría producir un vuelco trascendental en la convivencia de herramientas y máquinas herramientas. Las herramientas de acero rápido necesitaban mejoras sustanciales en las máquinas herramientas. Tal vez el cambio más importante se produce en el proveedor de energía de las máquinas, con la llegada y aplicación de los motores de corriente continua. Para ese entonces ya se contaba con tendidos de energía eléctrica en la mayoría de las grandes ciudades con polos industriales, y estos motores llegaron justo para el reemplazo de las rudimentarias y sucias máquinas de vapor que impulsaban la mayoría de las máquinas herramientas de la época, permitiendo eliminar una de las limitaciones que impedían el mejoramiento de las máquinas herramientas.



1945

Después de la gran contienda mundial, entre 1945 y 1955, se produjo el mayor desarrollo de las máquinas herramientas en el siglo XX, porque a su evolución natural hay que agregar la llegada de la electrónica. Se desarrollan tecnologías como: el control numérico “CN” mejorando notoriamente las mediciones de tolerancias a obtener de esas máquinas y luego el control numérico computarizado “CNC” que se acopla a las máquinas y las herramientas; AUTOCAD (para el dibujo y diseño de las piezas); CAD; CAD/CAM y nuevos programas que en la actualidad, permiten manejar las máquinas desde una simple computadora ubicada en una oficina.

El motor de corriente continua es una máquina de pequeñas dimensiones, que convierte la energía eléctrica en mecánica, principalmente mediante movimiento rotatorio.

En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino que -con algunas modificaciones- ejercen tracción sobre un riel. Se los conoce como motores lineales. Esta máquina de corriente continua es una de las más versátiles en la industria. Su fácil control de posición par y velocidad la convirtieron en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. Significó un gran espaldarazo a las máquinas herramientas, incluso permitió la realización de nuevos diseños más accesibles para las industrias más pequeñas.

Los motores de corriente continua y los generadores de corriente continua están constituidos esencialmente por los mismos elementos, diferenciándose -únicamente- en su forma de utilización.

1.2.9. La mega fábrica de Henry Ford

Henry Ford, con la fabricación en cadena, revolucionó la industria automovilística. Realizó una apuesta muy arriesgada que solo sería viable si hallaba una demanda capaz de absorber su programada y masiva producción. Las dimensiones del mercado estadounidense ofrecían un marco propicio, y Ford evaluó correctamente la capacidad adquisitiva del hombre medio estadounidense a las puertas de la futura sociedad de consumo. La fabricación en cadena permitiría ahorrar pérdidas de tiempo de trabajo, evitaba que los obreros se desplazaran de un lugar a otro de la fábrica. Ford llevó al extremo las recomendaciones de la “organización científica del trabajo” de Frederick Winslow Taylor. Este proyecto fue entendido por los fabricantes de máquinas herramientas que debieron adecuarse a las necesidades impuestas por Ford y a las condiciones mínimas requeridas por las herramientas de Taylor.

La producción en cadena permitió romper los paradigmas más negativos del siglo pasado. Este sistema supone una combinación de cadenas de montaje, maquinaria especializada, altos salarios y un elevado número de trabajadores en plantilla. La producción resulta rentable, siempre que el producto final pueda venderse a un precio bajo. Gracias a Taylor y sus estudios, la organización de esta nueva mega fábrica era casi perfecta.

FINES DE SIGLO XX

La última parte del siglo XX, disparó los desarrollos de herramientas a niveles casi increíbles, la globalización ha hecho que la tecnología llegue a cualquier parte del mundo casi sin limitaciones. Sus desarrollos son imitados con tanta rapidez que prácticamente no existen exclusividades. Así llegaron las herramientas de Cermet, las cerámicas de primera y segunda generación, el increíble nitruro de silicio, herramientas de CBN (nitruro de boro cúbico) y de PDC (diamante policristalino).

SIGLO XXI

El siglo XXI, se reserva los derechos de aportarnos el futuro, ese futuro que está en las máquinas construidas a medida según la necesidad de quien las compre, utilizando las herramientas del futuro que ya existen el láser y el ultrasonido.

Este cambio de mentalidad generó grandes cambios conceptuales. Hasta ese momento, las máquinas herramientas eran lentas, robustas, muy poco ágiles, y con condiciones estructurales para la mecanización de piezas grandes y pesadas. Ford necesitaba máquinas rápidas, ágiles,



dimensionalmente preparadas para trabajar con piezas de medianas a pequeñas y de poco peso. En 1908 Henry Ford, logra poner en marcha la mega fábrica con el lanzamiento de su modelo "T". Ya había producido desde 1903 los modelos "A", "B", "C", y "N".

Se dice que la elección de la letra T fue en agradecimiento por la colaboración que Frederick W. Taylor le brindó en la diagramación de la fábrica. Es de mencionar que Ford, impulsor del movimiento empresarial denominado "Fordismo" se contrapuso, con el tiempo, a muchos preceptos

de Taylor, a punto de modificar prácticamente casi toda la organización de fábrica. Lo único que no pudo modificar fue el uso de las herramientas hechas de acero rápido y diseñadas por Taylor.

DOS PERSONAS MÁS QUE IMPORTANTES: La historia quiso que las vidas de dos personajes importantes del mundo metalmecánico Frederick Winslow Taylor y Henry Ford, se cruzaran a principios del siglo pasado.

Taylor, el padre de la industrialización moderna y artífice del movimiento denominado Taylorismo, estableció los principios relativos a la organización industrial. Henry Ford le pidió colaboración para el diseño, organización y montaje de su mega fábrica ubicada en Detroit, USA en el año 1904. Henry Ford fabricó varios modelos de automóviles a los que denominó con letras del alfabeto, modelos A, B, D y otros. Algunos no tuvieron el éxito esperado y se dejaron de fabricar. A modo de agradecimiento hacia Frederick Winslow Taylor, Ford denominó modelo "T" al automóvil fabricado en su mega fábrica. El Ford "T" se transformó en el modelo de autos Ford más vendido en los EEUU. Con el pasar de los años Henry Ford fue cambiando casi todos diseños de esquemas y organigramas que implementó Taylor en su fábrica, lo único que no pudo cambiar fueron las buenas herramientas de acero rápido que había creado Taylor.

ANÉCDOTA.02

1.2.10. Osram y la aplicación del principio del filamento lumínico como herramienta de corte. Nace el Metal Duro

Para abastecer a toda Europa, Osram y AGD (General Electric Alemana) comienzan, en Alemania, la fabricación de lámparas luminicas con filamento incandescente. Ese filamento estaba compuesto por tungsteno. Osram "pensó" que a mayor filamento, mayor luz. No era mala idea, pero el inconveniente se presentó cuando le entregaron el tocho fabricado con tungsteno de mayores

dimensiones, pero totalmente amorfo. Cuando pidió a su gente que se le efectuara una simple mecanizada, para que tomase una forma más cilíndrica, el tocho terminó destruyendo todas las herramientas conocidas hasta ese momento. Era un material extremadamente duro. Para poder hacerlo más grande lo carbonizaron y mezclaron con cobalto que sirvió como aglutinante. Surgió, entonces, un nuevo compuesto: un nuevo carburo muy duro. Los operarios lo llamaron hardmetal, en alemán metal duro. A Osram no le servía como filamento, entonces se lo ofrece a la empresa de la Familia Krupp, por ese entonces mano derecha de Adolf Hitler.



Krupp, que era dueño de varias minas para la extracción de metales en la península escandinava, manejaba a su gusto la comercialización de todo el mercado europeo de metales. El metal duro se presenta en la Feria Internacional de Leipzig -Alemania- en 1927, en un tomo adaptado especialmente para mostrar sus bondades. Las publicaciones de la época lo referían como herramienta exótica del futuro, porque nunca antes se había trabajado en las condiciones en que lo hacía el metal duro. Se comercializó con la marca Widia, abreviatura de wier (en alemán como o igual) y diamant (en alemán diamante). "Widia": igual o como el diamante, por equiparar su dureza a la del diamante. Widia se transformaría en el descubrimiento más revolucionario e importante del siglo XX en el rubro metalmecánico. En lo que a herramientas se refiere, su llegada tiró por tierra con todo lo conocido hasta entonces. El metal duro tuvo un tremendo desarrollo durante el transcurso de la Segunda Guerra Mundial. El gobierno nazi lo guardaba como secreto de Estado. Así se puede explicar la gran cantidad y calidad de armamento y mecanizados producidos por las fábricas alemanas, que desconcertaba a los otros países del conflicto.

1.2.11. Los aliados devuelven la fábrica a Krupp y estos denuncian la falta de 5.200 patentes de herramientas de metal duro

Los Krupp fueron uno de los grupos corporativos más grandes de Europa. Se relacionaron estrechamente con todos los gobernantes alemanes, desde Guillermo I hasta Konrad Adenauer (salvo durante la República de Weimar). Las armas y equipos que produjeron protagonizaron las guerras europeas desde 1866 hasta 1945, sus cañones llegaron a ser los más potentes del mundo. Las industrias del grupo Krupp AG fueron las principales aliadas del régimen nazi durante todo el transcurso de la Segunda Guerra Mundial. Además fabricar cañones, fue el principal abastecedor de herramientas y materiales de todo tipo, a las fábricas alemanas productoras de armamento, tanto en su territorio, como a las de las naciones ocupadas por el régimen nazi. Era comprensible la intervención directa de parte de los aliados al terminar la guerra sobre las industrias del grupo. Es más, se generó una gran disputa al tener que definir quién ejercería su control. Luego de un periodo de ocho años en manos de una comisión integrada por todos los países aliados, las fábricas del grupo -incluida la de herramientas- fue devuelta a sus originales dueños en 1953.

La primera medida adoptada por su reasumido director Alfred Krupp, fue hacer un inventario en las fábricas. El resultado en la fábrica de herramientas de Widia fue la falta de toda documentación perteneciente a unas 5.200 patentes registradas por Krupp Widia Factory de herramientas, muchas de metal duro, desarrolladas durante el periodo de guerra. El reclamo nunca prosperó, los aliados hicieron caso omiso al pedido de Krupp quien nunca dejó de reivindicar sus patentes. Evidentemente, el secreto alemán se puso al alcance de muchos. Desde ese momento surgió un gran número de fábricas de metal duro, tanto en los Estados Unidos como en Europa, lo que produjo un gran impulso a un mercado de herramientas de corte que ha ido creciendo año tras año. En la actualidad hay más de 150 fábricas de calidad reconocida distribuidas en el mundo. En la actualidad el grupo Krupp AG se ha fusionado con el grupo Thyssen AG, dando origen a ThyssenKrupp. La fábrica de herramientas Widia, luego de fusionarse con Valenite del Grupo Cincinnati, pasó a la órbita de Kennametal Co. de USA.

1.2.12. Diez años posteriores a la Segunda Guerra Mundial llega el primer CN, control numérico

Durante los conflictos bélicos suelen desarrollarse tecnologías militares que luego, utilizadas en forma civil, suelen aportar muchos dividendos.

El control numérico (CN) fue un desarrollo militar, pero idea de un civil.

El hombre desde hacía mucho tiempo quiso que alguno de sus inventos se manejara solo. Para el fin de la Segunda Guerra Mundial, existían diversas variantes ante la posibilidad de controlar una máquina sin manejo manual.

Varios años antes, la pianola era un buen ejemplo. Utilizaba una bobina de papel perforada con orificios que coincidían en un pentagrama musical, ese papel se desplazaba sobre un cilindro en el que se hallaban pequeños perritos adosados, que a medida que este giraba se introducían o no en los orificios del papel perforado sobre el pentagrama. Los perritos tenían topes que, por medio de viefetas mecánicas, hacían sonar las teclas o cuerdas de la pianola emitiendo el sonido musical buscado.

Siguiendo este principio, Franco Stulen en 1946, adaptó una máquina de contabilidad de IBM para soluciones de ingeniería de diseños asociados a las láminas de un rotor de un helicóptero producido por la Parsons Corporation.

John T. Parsons introduce el invento en una máquina herramienta en 1948, con el objeto de resolver un problema de fresado de superficies complejas tridimensionales, aplicables para un proyecto aeronáutico juntamente con la Universidad de Massachusetts.

Tras años de desarrollo y algunos fracasos, en 1952 funcionaba un control experimental aplicado a una fresadora Cincinnati sin grandes resultados.

La programación utilizaba un código binario sobre una cinta perforada y la máquina herramienta ejecutaba movimientos simultáneos coordinados sobre sus tres ejes. A pesar de ser un sistema efectivo, los modelos desarrollados durante los años cincuenta y sesenta fueron poco eficaces y resultaron muy caros. Operarlos era muy difícil, había un programador, un perforificador de la cinta que se hacía por duplicado, una tercera persona debía colocarlo en la captadora de la máquina. Si se cometía un error en la programación original, no se podía corregir y se debía perforificar toda la cinta nuevamente, transformando al trabajo automatizado en una tarea sumamente engorrosa.

La cosa cambiaría con el desarrollo de la microelectrónica y la llegada de la computadora dando origen al CNC, control numérico computadorizado.

LA MÚSICA COMO INSPIRACIÓN: La idea de crear un dispositivo o aparato, que permita manejar una máquina herramienta en forma autónoma y sin la mano del hombre en los controles en forma directa, fue una utopía por muchos años. Lo increíble del caso es que la inspiración para descubrir un sistema para manejar controles de una máquina surgió a partir del principio de funcionamiento de una pianola musical.

Una pianola tiene, en su interior, un tambor giratorio con clavijas de madera, en el que se apoya un rodillo de papel que tiene impreso o escrito un pentagrama musical, donde se detalla un tema, cada una de las notas tienen una perforación importante por donde, al apoyarse el papel sobre el tambor, las clavijas se introducen en los orificios de las notas musicales.

Por un sistema interno esas clavijas están conectadas a las teclas de la pianola, que ejecutan el golpe a la tecla cada vez que estas se introducen en los orificios. La seguidilla de golpes va tomando continuidad y se logra obtener de la pianola la música del tema musical impreso en la bobina de papel.

El principio del papel perforado, dio origen a unas cintas perforadas, en estas se perforaba por medio de un sistema de órdenes alfanumérico la información necesaria como para mover controles mecánicos de las máquinas herramienta, permitiendo de esta forma su funcionamiento automatizado sin la mano del hombre en los controles.

Más adelante la electrónica simplificó el sistema en la transmisión de datos, pudiendo reemplazar los mandos mecánicos.

ANÉCDOTA.03

1.2.13. Toman protagonismo las máquinas herramientas con el aporte de la computadora

En los años 50 el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), dependiente de la Universidad de Massachusetts juntamente con la firma Cincinnati ambas de los Estados Unidos, trabajaron en el desarrollo del **control numérico mecánico (CNC)** que no les aportó muchas satisfacciones. Como idea era muy buena, pero la puesta en práctica acarrea un sinnúmero de problemas de difícil solución.

La llegada de la computadora significó un cambio de 180 grados en el manejo del proyecto "control numérico", permitiendo el desarrollo de las máquinas herramientas.

En esta época las computadoras estaban en sus inicios y eran tan grandes que el espacio ocupado por la computadora era mayor que el de la máquina a automatizar.

Hoy en día, las computadoras son cada vez más pequeñas y económicas, de esta forma el uso del CNC se ha extendido a todo tipo de maquinaria herramientas: tornos, agujereadoras, fresadoras, centros de mecanizado, rectificadoras, incluso en equipos de otros rubros como máquinas de coser, de envasar, de carga, de pintar, entre otras.

En una máquina CNC, a diferencia de una máquina convencional o manual, una computadora controla la posición y velocidad de los motores que accionan los ejes de la máquina. Por ejemplo: En un torno se manejan dos ejes X y Z, mientras en una fresadora son como mínimo tres, X, Z e Y. Gracias a esto, puede hacer movimientos que no se pueden lograr manualmente como círculos,

líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales, ampliando las posibilidades de mecanizar piezas que hasta pocos años atrás eran prácticamente imposibles con máquinas convencionales. Las máquinas CNC son capaces de mover la herramienta al mismo tiempo en los tres ejes, así ejecutar trayectorias tridimensionales como las que se requieren para el mecanizado de complejos moldes y troqueles para industria del plástico.

En una máquina CNC una computadora controla el movimiento de la mesa, el carro y el husillo. Una vez programada, la máquina ejecuta todas las operaciones por sí sola, sin necesidad de que el operador esté manejándola. Esto permite aprovechar mejor el tiempo del personal para que sea más productivo.

El término "control numérico" se debe a que las órdenes dadas a la máquina son indicadas mediante códigos numéricos. Un conjunto de órdenes que siguen una secuencia lógica constituyen un programa de mecanizado. Dándole las órdenes o instrucciones adecuadas a la máquina, esta es capaz de mecanizar una simple ranura, una cavidad irregular, la cara de una persona en altorrelieve o bajorrelieve, un grabado artístico, un molde de inyección de una cuchara o una botella... lo que se quiera.



Al principio hacer un programa era muy difícil y tedioso, pues había que planear e indicarle manualmente a la máquina cada uno de los movimientos que tenía que hacer. Era un proceso que podía durar horas, días, semanas. Aún así, era un ahorro de tiempo comparado con los métodos convencionales cuando se hacían grandes producciones.

Actualmente, muchas de las máquinas modernas trabajan con lo que se conoce como "lenguaje conversacional" en el que el programador escoge la operación que desea y la máquina le pregunta los datos que se requieren. Cada instrucción de este lenguaje conversacional puede representar decenas de códigos numéricos. Por ejemplo, el maquinado de una cavidad completa se puede hacer con una sola instrucción que especifica el largo, alto, profundidad, posición, radios de las esquinas, etc. Algunos controles cuentan con graficación en pantalla y funciones de ayuda geométrica. Todo esto hace la programación mucho más rápida y sencilla. Las ventajas, dentro de los parámetros de producción explicados anteriormente, son:

Posibilidad de fabricación de piezas imposibles o muy difíciles: Gracias al control numérico se puede obtener piezas muy complicadas como las superficies tridimensionales necesarias en la fabricación de aviones.

Seguridad: El control numérico es especialmente recomendable para el trabajo con productos peligrosos, por la posibilidad de mecanizar a grandes velocidades.

Precisión: La máquina herramienta de control numérico tiene mayor precisión respecto de las clásicas, con tolerancias imposibles de obtener de otra forma.

Aumento de productividad de las máquinas: Disminución del tiempo total de mecanización, en virtud de la disminución de los tiempos de desplazamiento en vacío y de la rapidez de los posicionamientos que suministran los sistemas electrónicos de control. Todo un cambio evo-

lutivo que llevó a las máquinas herramientas a ser las reinas de la década de los 70 y 80. Para ese entonces comenzaron a aparecer nuevas herramientas para un óptimo aprovechamiento de estas máquinas herramientas.

1.2.14. Nuevas aleaciones y el desarrollo de nuevos materiales permiten a las herramientas terminar el siglo XX a la vanguardia

En los años 80 se hablaba acerca de las reservas de tungsteno que quedaban a nivel mundial, algunos presagiaban que pronto faltaría, lo que significaba un grave problema para los fabricantes de herramientas de metal duro.

Esto llevó al desarrollo de ensayos con otros compuestos, incluso recurriendo a materiales que fueron descubiertos años atrás pero se aplicaban como herramientas de corte. Tal es el caso de las cerámicas de óxido de aluminio, descubiertas en la década del 60 pero de nefasta aparición en el mercado de las herramientas a principios de la década de los 70.

Las **cerámicas** fueron mejoradas y ensayadas durante mucho tiempo para no cometer el mismo error de años atrás. Las primeras cerámicas eran de color blanco, las de segunda generación -mejoradas con nitruro, carburo de titanio y neobio, entre otros compuestos- se introducen en el mercado de color negro para diferenciarlas de las anteriores. Funcionaron muy bien, tanto que en poco tiempo hicieron olvidar el fracaso de sus hermanas antecesoras.

Básicamente, el mercado de cerámicas se revitalizó en Japón y Alemania, ambas naciones principales productoras de herramental cerámico a nivel mundial. Estados Unidos es el tercer productor, pero muy lejos de los anteriores.

Una de las **cerámicas** más destacadas es el **nitruro de silicio** (su origen es **arena**). Se utiliza para otras aplicaciones, por ejemplo: como material aislante (es uno de los principales aislantes utilizado en forma de baldosones, en el trasbordador espacial por la Nasa), como chips para la industria de la electrónica. Podríamos decir que, considerando su alto rendimiento y bajo costo, se trata de la cerámica más revolucionaria del siglo XX.

Estas herramientas provocaron mucho revuelo en el mercado metalmecánico, sobre todo para los mecanizados. Como en la época de Taylor, obligaron a obtener el máximo rendimiento de las máquinas herramientas del momento, ya que las condiciones de uso, eran muy superiores a las utilizadas hasta entonces con las herramientas de metal duro, sobre todo en el mecanizado de fundiciones.

También se desarrolla el ya conocido **nitruro de boro cúbico**, descubierto en 1957 por el científico Robert H. Wentorf Jr. en la firma General Electric Company, llamado **Borazon**. Se descubrió cuando se realizaba un experimento para obtener un diamante artificial. El **Borazon** resultó un material muy noble, de dureza apenas un punto menor al del diamante. En la actualidad, se utiliza como herramienta de corte por las industrias automotriz, aeronáutica y siderurgia. Tiene un costo de fabricación muy alto, pero bien utilizado se pueden obtener altísimos rendimientos, si se cuenta con la máquina herramienta adecuada para trabajar.

Por último, mencionamos **las herramientas de diamante policristalino** desarrolladas en forma estándar en la década del noventa. Son ideales para todo tipo de mecanizados para materiales no ferrosos, no metálicos, y compuestos como: PVC, nylon, fibra de vidrio y otros, todos ellos

de difícil mecanización poco tiempo atrás.

A esto podemos agregar que las sospechas de los años 80 en cuanto a las reservas de tungsteno para producir metal duro, eran infundadas ya que en la actualidad la producción mundial de metal duro goza de muy buena salud y sigue en ascenso, siendo en la actualidad el 65% de las herramientas de corte que se consumen en el mundo.

1.2.15. Las herramientas y máquinas herramientas entran en una nueva era, el futuro se hace presente. Llegan el láser T y el ultrasonido

Llegamos al siglo XXI. El desarrollo ha sido mucho y continuo. La técnica y la ciencia no se detienen, las industrias cuentan con una gran variedad tanto de herramientas como de máquinas para su mejor explotación. En los pocos años que van de este siglo, se presentaron muchas alternativas nuevas.



Surgen las herramientas de **CERMET** (abreviatura de cerámica metalizada). El Cermet es un nuevo compuesto de carburo y nitruro de titanio que compite abiertamente con el metal duro. Tiene mejores propiedades que la mayoría de los aceros, es 30% más liviano. Aún resulta caro, pero a medida que se incrementa su producción disminuirá el costo. Ya se fabrican calidades revestidas, con propiedades muy similares a las de los aceros y más barato.

El desarrollo de nuevos procesos de fabricación del propio metal duro ha mejorado sus calidades por medio del uso de molienda por ultrasonido, naciendo el **micro gránulo**. El **micro gránulo** permite una mejor obtención de los prensados de los materiales mejorando la calidad del material y su utilización al contar con un compuesto más homogéneo, que hasta permite contar con ángulos de corte antes inexistentes.

También se ha mejorado en los procesos de mecanizados. Se desarrollaron los novedosos **MAV (mecanizado de alta velocidad)** y los **MAA (mecanizados de altos avances)** con herramientas nuevas utilizadas para tal fin, para trabajar a altas velocidades, o altos avances. A estas herramientas se suma software apropiado, revolucionando los mecanizados de este siglo. Con la llegada de nuevos materiales, por ejemplo: fibra de carbono, también surgen nuevas máquinas herramientas que deben adaptarse a las variantes impuestas por el manejo de esos materiales y las nuevas necesidades productivas.

El avance de la tecnología es arrollador. Un ejemplo se ve en el desarrollo de las nuevas máquinas de **fresado por LÁSER**. Al fresado convencional se le acopla un dispositivo que efectúa el proceso de terminación por medio de un haz de luz láser que desintegra la superficie mecanizada, obteniendo una rugosidad (terminación) increíble. La fresadora cuenta con un dispositivo que somete a la herramienta que gira a una frecuencia de ultrasonido. El término "ultrasonido" se debe a que la vibración emitida se produce a una frecuencia próxima a los

20kHz (vibra unas 20.000 veces por segundo), frecuencia que está en el rango de los ultrasonidos. El filo de la herramienta destruye la superficie, que mecaniza al mismo tiempo, logrando rendimientos imposibles de obtener con las herramientas convencionales.

Como se podrá ver, la unión herramienta - máquina herramienta cada vez es mayor. Quizás en algunos años, ambas sean una sola.