

DESARROLLO DE CALCULADORA PARA DETERMINAR PARÁMETROS DE CORTE EN FRESADORAS VERTICALES PLANAS

DEVELOPMENT OF A CALCULATOR TO DETERMINE CUTTING PARAMETERS ON FLAT VERTICAL MILLING MACHINES

L. G. González Vázquez¹
R.J. Pérez López²
M. A. Rubio Castellanos³
G. Partida Ochoa⁴

RESUMEN

En la presente investigación se desarrolla una aplicación en Visual Studio® con el objetivo de determinar los parámetros de corte en cortadores verticales planos de la marca YG-MILL®, utilizados en materiales no ferrosos. La aplicación está diseñada para su uso en la enseñanza de manufactura avanzada, se basa en datos del fabricante y en la experiencia de expertos en programación CNC. Su interfaz desarrollada con Visual Studio contiene secciones de datos de entrada, salida y ejecución, comparando los resultados que arroja el software con cálculos manuales, dando como resultado un cien por ciento de confiabilidad. Finalmente, esta obra fue registrada ante INDAUTOR, destacando la importancia del desarrollo de herramientas digitales y la protección de la propiedad intelectual en el ámbito académico.

ABSTRACT

In the present research an application is developed in Visual Studio® with the objective of determining the cutting parameters of YG-MILL® brand vertical flat cutters, used in non-ferrous materials. The application is designed for use in teaching advanced manufacturing, is based on manufacturer's data and the experience of experts in CNC programming. Its interface developed with Visual Studio contains input, output and execution data sections, comparing the results produced by the software with manual calculations, resulting in one hundred percent reliability. Finally, this work was registered with INDAUTOR highlighting the importance of the development of digital tools and the protection of intellectual property in the academic field. Finally, this work was registered with INDAUTOR highlighting the importance of the development of digital tools and the protection of intellectual property in the academic field.

ANTECEDENTES

El trasfondo de las herramientas de corte revela una historia enriquecedora en la evolución tecnológica, reflejando actualmente un impacto significativo a diversas industrias en cuanto a productividad y eficiencia en la fabricación de productos (Rostvall, 2020). En este sentido, los antecedentes se dividen en cuatro apartados que ayudan a la buena práctica de manufactura; estas son las herramientas de corte, el diseño de interfaz, la programación de la calculadora y el registro de la obra.

Herramientas de corte

En el trabajo de González (2024) y Moreno (2021) mencionan que las herramientas de corte más utilizadas en una fresadora vertical CNC se presentan en la Tabla 1. Sin embargo, este desarrollo se enfoca exclusivamente en los cortadores planos o Endmill.












¹ Profesor. TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán. luis.gv@cdguzman.tecnm.mx

² Profesor. TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán. ruben.pl@cdguzman.tecnm.mx

³ Profesor. TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán. miguel.rc@cdguzman.tecnm.mx



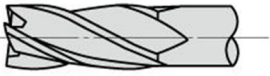

⁴ Profesor. TecNM / Instituto Tecnológico de Ciudad Guzmán. gonzalo.po@cdguzman.tecnm.mx

Tabla 1. Tipos de cortadores verticales.

Geometría	Nombre	Geometría	Nombre
	Cortador tipo bola		Cortador de ranura
	Cortador con radio		Ranurado con ángulo
	Cortador Plano		Chaflán
	Cortador cónico plano		Redondeo de esquina
	Cónico con radio/bola		Esférico
	Cortador corona		

El blog de la distribuidora de cortadores de tungsteno Razo, Miguel (2023) describe las partes que componen un cortador vertical, como se muestra en la Tabla 2.

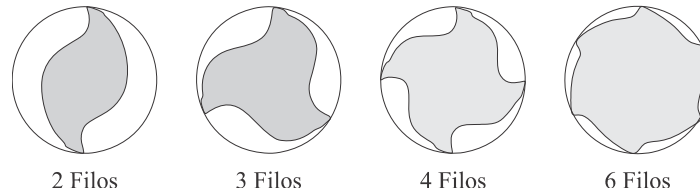
Tabla 2. Partes de un cortador vertical.

Forma	Descripción
	Se observa la cara del cortador con los filos de corte (dientes o flautas) distribuidos de manera simétrica. También se aprecia el orificio central, que en algunos casos sirve para sujeción o alineación.
	Muestra el filo en detalle, destacando el ángulo de ataque de las flautas y la geometría helicoidal, la cual ayuda a evacuar virutas y reducir vibraciones durante el mecanizado.
	Presenta el cuerpo del cortador con sus flautas helicoidales. La hélice de las flautas mejora la eliminación de material y reduce esfuerzos durante el mecanizado. El extremo plano indica que es un cortador de cara plana (<i>flat endmill</i>), ideal para superficies planas, ranuras y cavidades de fondo recto.
	Se muestra el vástago cilíndrico del cortador, la parte que se sujeta en el portaherramientas del centro de mecanizado. Se observa el diámetro del mango y el corte

Fuente: Miguel E. (2023).

Chávez (2023) y Paredes (2020) señalan que el número de filos de un cortador vertical influye directamente en el tipo de operación para la que fue diseñado. Además, afecta tanto la eficiencia del corte como la calidad del acabado superficial. Chávez (2024) agrega que los filos son el punto de contacto entre la herramienta y el material a maquinar, por lo que su cantidad influye en el rendimiento con distintos materiales. En la Figura 1 se presenta la sección transversal de cortadores planos con diferentes números de filos.


Figura 1. Sección transversal de los cortadores planos.



Una de las principales dificultades encontradas durante el maquinado fue la fractura de las herramientas de corte. Esto se debió a que la velocidad angular, la velocidad de penetración y el corte por pasada se determinaban con base en la experiencia del operador del CNC, Morocho (2017), así como también atendiendo las recomendaciones del proveedor. Sin embargo, esta información carecía de precisión técnica para su aplicación en un entorno académico. Para abordar esta problemática, se buscó asesoría especializada y se estableció contacto con un distribuidor de la marca YG-MILL®, quien proporcionó documentación técnica y manuales. En la Tabla 3 se presentan los parámetros de corte recomendados para los cortadores verticales de carburo sólido Alu-Power de la marca YG-MILL®.

Tabla 3. Parámetros de corte, cortadores plano Alu-Power.

Diámetro (pulgadas)	RPM	Velocidad de avance (pulgadas / minuto)
1/8	10,000	33.1
5/32	10,000	42.5
3/16	10,000	47.3
¼	10,000	56.7
5/16	8,000	66.2
3/8	8,000	80.3
½	8,000	99.2
9/16	6,000	85.1
5/8	6,000	89.8
11/16	4,000	66.2
13/16	4,000	75.6

El corte en herramientas extralargas se debe reducir en un 50%. 

Fuente: YG-MILL (2014)

Las herramientas de corte pueden descender al iniciar el mecanizado mediante tres estrategias principales:

- **Descenso directo:** La herramienta desciende verticalmente sobre el material sin desplazamiento en los ejes X o Y.
- **Descenso en rampa:** La herramienta se inclina progresivamente mientras avanza en los ejes X, Y y Z.

- **Descenso helicoidal:** La herramienta sigue una trayectoria en espiral con un movimiento helicoidal, combinando avance en los ejes X e Y mientras desciende en Z.

En el mismo contexto se muestran las ecuaciones y parámetros de corte.

1. Velocidad angular:

El proveedor de herramientas YG-MILL® (2014) recomienda operar la máquina al 85 % de su velocidad angular nominal. Por lo tanto, la ecuación para calcular la velocidad angular ajustada se expresa como:

$$\omega = \omega_n \times \left(\frac{C}{100} \right) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

ω_n = Velocidad angular del husillo del centro de maquinado a utilizar (RPM).

C = Porcentaje de la velocidad nominal programada en el centro de maquinado (%).

2. Velocidad de avance:

La velocidad de avance corresponde al desplazamiento que realiza la bancada del centro de maquinado en los ejes X e Y. Para su cálculo, se toma en cuenta la velocidad angular nominal y se consulta la Tabla 3 para identificar el diámetro de la herramienta, la velocidad angular y la velocidad de desplazamiento. La ecuación correspondiente es:

$$V_A = \frac{\omega_n \times V_{An}}{\omega} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

V_A = Velocidad de avance $\left(\frac{\text{Pulgadas}}{\text{Minuto}} \right)$

V_{An} = Velocidad de avance nominal $\left(\frac{\text{Pulgadas}}{\text{Minuto}} \right)$

3. Velocidad de penetración:

Según el proveedor de herramientas de corte, la velocidad de penetración equivale a la mitad de la velocidad de avance nominal, expresándose como:

$$V_P = \frac{V_A}{2} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

V_P = Velocidad de penetración $\frac{\text{Pulgadas}}{\text{Minuto}}$

4. Corte por pasada:

El corte por pasada se define como la profundidad de material removida en cada recorrido de la herramienta. De acuerdo con la ilustración ubicada en el vértice inferior derecho de la Tabla 3, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$C_p = 0.5 \times D \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

C_p = Corte por pasada (*Pulgadas*)

D = Diametro de la herramienta de corte (*Pulgadas*)

5. Paso y radio de la espiral:

El paso y el radio de la espiral se determinan a partir de la configuración del software de manufactura asistida por computadora SURFCAM. Las ecuaciones correspondientes son:

$$R_e = 0.9 \times r_h \quad \text{Ecuación 5}$$

Y para determinar el Paso, se determina como se indica en la ecuación 6:

$$P_e = 0.5 \times r_h \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

R_e = Radio de la espiral (*Pulgadas*)

P_e = Paso de la espiral (*Pulgadas*)

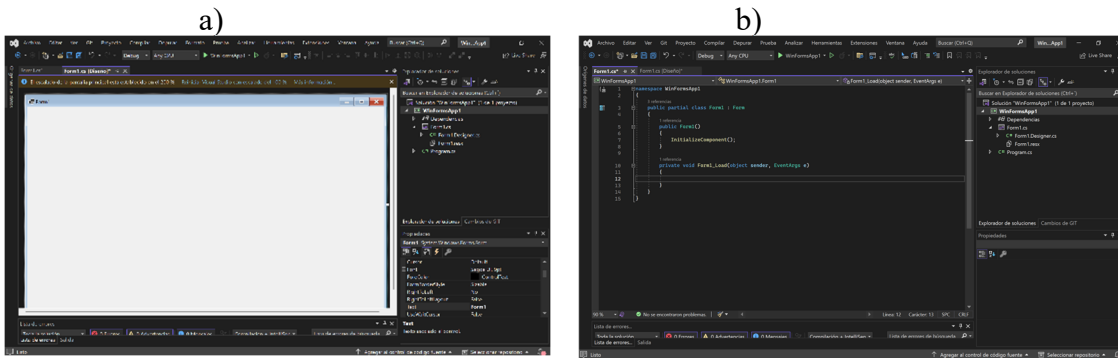
r_h = Radio de la herramienta (*Pulgadas*)

La programación de la calculadora se realiza con Microsoft Windows® siendo el sistema operativo más utilizado en computadoras, con una cuota de mercado del 77% Roch (2024). Por su parte, Ramel (2022) indica que aproximadamente el 32.15% de los desarrolladores encuestados utilizan Visual Studio®.

Con lo anterior se puede configurar un formulario en Visual Studio®, mostrando la interfaz de desarrollo en dos pantallas, como se muestra en la Figura 2:

- a. Diseñador de interfaz de usuario (UI): permite la creación visual de la interfaz mediante la adición y disposición de elementos como botones, cuadros de texto y otros controles interactivos.
- b. Editor de código: espacio donde se escribe y edita el código fuente que define el comportamiento de la aplicación.

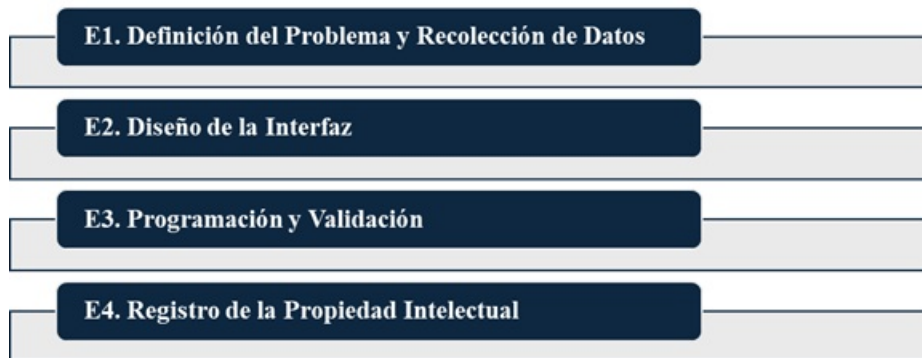
Figura 2. Visual Studio®: a) Diseñador y b) Editor de código.



METODOLOGÍA

Para desarrollar esta investigación, se llevó a cabo en cuatro etapas. En la primera etapa se define el problema en base a las necesidades de acuerdo con los parámetros de corte. En la segunda etapa se desarrolla la interfaz de la calculadora diseñada con Visual Studio®. En la tercera etapa se implementan las ecuaciones mencionadas en el capítulo anterior. Y se verifican los resultados. Y en la última etapa se realiza el registro de propiedad intelectual ante INDAUTOR, tal como se ve en la Figura 3.

Figura 3. Etapa de la investigación.



Las etapas de investigación se convierten en los pasos a seguir para desarrollar un software y obtener parámetros confiables y con mayor productividad. A continuación, se explica las actividades realizadas en cada una de ellas.

E1. Definición del problema y recolección de datos

Se identificó la necesidad de una herramienta que ayude a determinar los parámetros de corte en fresadoras CNC. Se recopilaron datos del proveedor de herramientas YG y se establecieron las ecuaciones necesarias.

E2. Diseño de la interfaz

Se desarrolló la interfaz de la calculadora en Visual Studio®, dividiendo la aplicación en dos secciones principales: entrada (datos del cortador y condiciones de corte) y salida

(parámetros calculados como velocidad angular, velocidad de avance, velocidad de penetración, etc.).

E3. Programación y validación

Se implementaron las ecuaciones en la calculadora, asegurando su funcionalidad y precisión en los cálculos. Se verificó que los resultados fueran correctos y útiles para la programación de fresadoras CNC.

E4. Registro de la propiedad intelectual

Finalmente, se registró la aplicación ante INDAUTOR, con el objetivo de proteger los derechos de autor y mostrar a los estudiantes la importancia del desarrollo de software en el ámbito académico y profesional.

RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados encontrados en cada una de las etapas.

E1. Definición del problema y recolección de datos

Con base en la necesidad de los parámetros, en esta primera etapa se considera un husillo de centro de maquinado con una capacidad de velocidad angular de 10,000 RPM y un cortador de 3/16 de pulgada de diámetro. La máquina operará al 85% de su velocidad nominal y, por lo tanto se requirió determinar los siguientes parámetros:

- a. Velocidad angular
- b. Velocidad de avance
- c. Velocidad de penetración
- d. Corte por pasada
- e. Radio de la espiral
- f. Paso de la espiral

Con base en los datos de la Tabla 3 y aplicando la ecuación 1 correspondiente, se obtuvo una velocidad angular de 8500 rpm, como se muestra a continuación:

$$\omega = 10,000 \times \left(\frac{85}{100}\right) = 8,500 \text{ RPM}$$

Para determinar la velocidad de avance se utiliza la ecuación 2, y se obtiene un resultado de 40.205in por minuto, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$V_A = \frac{8,500 \text{ RPM} \times 47.3 \text{ in}/\text{min}}{10,000} = 40.205 \text{ in}/\text{min}$$

Para la velocidad de penetración se obtiene al sustituir los datos en la ecuación 3, obteniendo un resultado de 20.102 pulgadas por minuto, como se muestra a continuación:

$$V_A = \frac{40.205 \text{ in}/\text{min}}{2} = 20.102 \text{ in}/\text{min}$$

Para determinar el corte que como resultado 0.09375 pulgadas por pasada, se utiliza la

ecuación ,4 obteniéndolo de la siguiente manera:

$$C_p = 0.5 \times \frac{3}{16} in = 0.09375 in$$

Además, el radio de la espiral se obtiene al utilizar la ecuación 5 y se tiene como resultado 0.0843 pulgadas, como se muestra a continuación:

$$R_e = 0.9 \times \frac{\left(\frac{3}{16}\right)}{2} = 0.0843 in$$

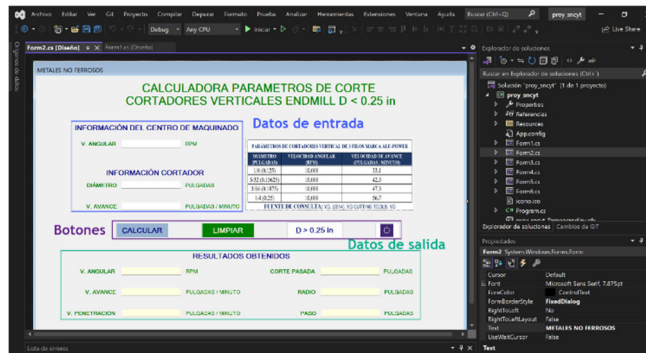
Y por último, el paso de la espiral se obtiene al utilizar la ecuación 6, obteniendo como resultado 0.0468 pulgadas:

$$P_e = 0.5 \times \frac{\left(\frac{3}{16}\right)}{2} = 0.0468 in$$

E2. Diseño de la interfaz

En esta segunda etapa, la aplicación desarrollada consta de tres apartados, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4. *Apartados de la aplicación.*



A continuación, se explica puntualmente cada uno de los apartados, como lo son datos de entrada, datos de salida y los botones implementados de la interfaz desarrollada:

1. Datos de entrada:
 - Velocidad angular en (RPM)
 - Diámetro del cortador (pulgadas)
 - Velocidad de avance en (pulgadas/minuto)
2. Datos de salida:
 - Velocidad angular (RPM)
 - Velocidad de avance (pulgadas/minuto)
 - Velocidad de penetración (pulgadas/minuto)

- Corte por pasada (pulgadas)
- Radio (pulgadas)
- Paso (pulgadas)

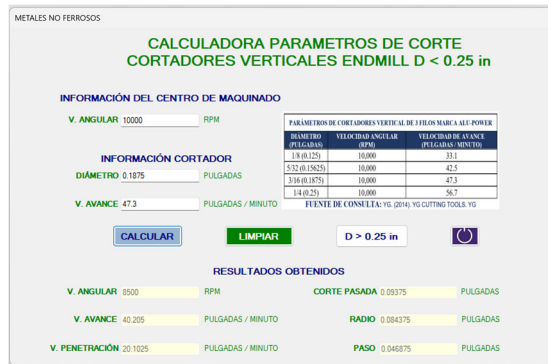
3. Botones implementados:

- Calcular: genera los valores de salida a partir de los datos ingresados.
- Limpiar: borra los datos ingresados y calculados automáticamente.
- Cerrar: finaliza la aplicación al presionar el icono de apagado.

E3. Programación y validación

Dentro de la etapa 3 para validar la programación, se ingresaron los datos en la aplicación y se compararon los resultados que se obtuvieron de manera manual. Tal y como se muestra en la Figura 5, los valores coinciden, verificando la precisión de los cálculos.

Figura 5. Resultados obtenidos en la aplicación.



Al comparar los resultados manuales y los de la aplicación, se observa que los parámetros coinciden, así como se muestra en la Tabla 4:

Tabla 4. Comparación de resultados.

Parámetro	Cálculo manual	Aplicación	Coincidencia
Velocidad angular (RPM)	8,500	8,500	100 %
Velocidad de avance (in/min)	40.205	40.205	100 %
Velocidad de penetración (in/min)	20.102	20.102	100 %
Corte por pasada (in)	0.09375	0.09375	100 %
Radio de la espiral (in)	0.0843	0.0843	100 %
Paso de la espiral (in)	0.0468	0.0468	100 %

E4. Registro de la Propiedad Intelectual

Por último, en la etapa 4 se obtuvo el número de registro de la obra No. 03-2022-100312431900-01 ante INDAUTOR, mostrando con ello novedad y originalidad de la aplicación.

CONCLUSIONES

El desarrollo de la calculadora para cortadoras verticales planas demuestra la importancia de utilizar herramientas digitales en la optimización de procesos de manufactura. Donde la implementación de Visual Studio permitió crear una aplicación intuitiva que facilita la obtención de parámetros de corte precisos, contribuyendo a mejorar la eficiencia y precisión en el mecanizado. Además, este proyecto resalta la relevancia de basarse en datos técnicos proporcionados por los fabricantes en lugar de depender exclusivamente de la experiencia empírica.

Asimismo, la integración de esta calculadora en el proceso de enseñanza-aprendizaje proporciona a los estudiantes una herramienta que les permite comprender y aplicar de manera práctica los conceptos de manufactura avanzada. El registro de la aplicación ante INDAUTOR no solo protege la propiedad intelectual desarrollada en el aula, sino que también fomenta una cultura de innovación y emprendimiento entre los estudiantes, motivándolos a desarrollar soluciones tecnológicas propias.

El uso de tecnologías digitales en la ingeniería no solo optimiza los procesos productivos, sino que también impulsa el desarrollo de nuevas aplicaciones que pueden transformar la enseñanza y la industria. Todo esto conlleva en fomentar en los estudiantes el desarrollo de software especializado, utilizado de manera profesional para el impacto y toma de decisiones de las empresas, siendo esta una estrategia clave para su formación y su inserción en un mercado laboral altamente competitivo.

BIBLIOGRAFÍA

- Chávez, M. (2023, octubre 23). Introducción a Cortadores Verticales. *Daaam Tools*. <https://daaamtools.com/blogs/articulos-educativos/introduccion-a-cortadores>
- Chávez, M. (2024, noviembre 18). ¿Cómo afecta el número de filos a una herramienta de corte? *Daaam Tools*. <https://daaamtools.com/blogs/articulos-educativos/como-afecta-el-numero-de-filos-a-una-herramienta-de-corte>
- González-Vázquez, L. G., Mojarro-Magaña, M., Pérez-López, R. J., Partida-Ochoa, G., & Puga-Nathal, K. L. (2025). Programación de Centro de Maquinado con Solidworks (Vol. 1). Alfaomega. Recuperado el 12 de febrero de 2025, https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-2221876041-programacion-de-centro-de-maquinado-con-solidworks-_JM
- Miguel E. (12 de julio de 2023). ¿Cómo y cuáles son los cortadores verticales? *Endmills. Distribuidora de Tungsteno Razo*. <https://distribuidoradetungsteno.com.mx/blog/como-y-cuales-son-los-cortadores-verticales-endmills/>
- Moreno Arango, J. A., Partida Ochoa, G., Chocoteco Campos, J. A., Pérez-López, R. J., & González Vázquez, L. G. (2021, septiembre) Aplicación Didáctica de un Cotizador de Servicios para Fresadora CNC. <https://www.mecamex.net/revistas/LMEM/revistas/LMEM-V10-N03-05.pdf>
- Morocho Toapanta, F. A., & Naula Aucanshala, A. D. (2017). *Útiles de corte de alta y baja*

velocidad y los procesos de fresado vertical en el centro de mecanizado de la Facultad de Ciencias de la Educación Humanas y Tecnologías de la Universidad Nacional de Chimborazo, en el año 2017 (Bachelor's thesis, Riobamba, UNACH 2017).

Paredes, J., Santiago, V. (2020) Informe integrador No. 8. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú, INFORME_INTEGRADOR_N8-libre.pdf

Ramel, B. D., (2022, 23 Junio 12). VS Code and Visual Studio Rock the 2022 Stack Overflow Developer Report -. Visual Studio Magazine. Recuperado el 16 de febrero de 2025, <https://visualstudiomagazine.com/Articles/2022/06/23/stack-overflow-2022-survey.aspx>

Rostvall, T. (2020). Cutting tool for coal mining, mechanical processing of stones, for use during rotary drilling or processing of asphalt, concrete or similar materials, equipped with elongated in longitudinal direction grooves. <https://scispace.com/papers/cutting-tool-for-coal-mining-mechanical-processing-of-stones-30oqajr7rt>

Roch Moraguez, E. (2024, enero 14). ¿Cuáles son los sistemas operativos más utilizados? - We School. <https://we-school.es/cuales-son-los-sistemas-operativos-mas-utilizados-porcentaje/>

YG-MILL, (2014). YG CUTTING TOOLS.