



Refrigerante de alta presión

Tecnología Avanzada de Mecanizado



Refrigerante de Alta Presión

Contenido

- [Sesión teórica](#)
- [Casos y resultados de las pruebas](#)
- [Resumen y conclusión](#)



3 High pressure coolant - HPC_0_programme - Version 1.0



Refrigerante de alta presión

Tecnología Avanzada de Mecanizado

[Iniciar el programa](#)



2 C-2948-162 SPA - Version 1.0

©2013 AB Sandvik Coromant. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of AB Sandvik Coromant.



Refrigerante de Alta Presión

Contenido

- [Sesión teórica](#)



4 High pressure coolant - HPC_0_programme - Version 1.0



Sesión teórica

Contenido

- [Fundamentos de HPC](#)
- [Teoría sobre presión y caudal de refrigerante](#)
- [Teoría sobre boquillas](#)
- [Requisitos de la máquina](#)
- [Materiales de trabajo y HPC](#)

Objetivo
Entender la tecnología del HPC y cómo ésta puede optimizar la formación de la viruta y la vida útil de la herramienta.





5
High pressure coolant - HPC_M_TheorySession - Version 1.0


Fundamentos del HPC

Tipos de refrigerante

- Mecanizado sin refrigerante, aire, pulverizado/cantidad mínima de lubricación, normal, alta presión...
¿Qué debemos utilizar y por qué?



7
High pressure coolant - HPC_L_HPCFundamentals - Version 1.0


Sesión teórica

Contenido

- [Fundamentos de HPC](#)

Objetivo
Entender la tecnología del HPC y cómo ésta puede optimizar la formación de la viruta y la vida útil de la herramienta.



6
High pressure coolant - HPC_M_TheorySession - Version 1.0


Fundamentos del HPC

HPC: ¿una forma de mejorar la seguridad!

- Control de viruta y vida útil optimizadas



8
High pressure coolant - HPC_L_HPCFundamentals - Version 1.0


Fundamentos del HPC

HPC: una manera de incrementar tus beneficios

Eficiencia de la herramienta

Aprovechamiento de la máquina

9 High pressure coolant - HPC_L_HPCFundamentals - Version 1.0 SANDVIK Coromant

Fundamentos del HPC

HPC en Sandvik Coromant

Más de 20 años de experiencia en aplicar soluciones a la medida del cliente

Presión en bares (psi)

7-10 bar (100-150 psi)
Estándar en todas las máquinas

70-80 bar (1000-1200 psi)
Opción estándar en máquinas

150-200 bar (2200-2900 psi)
Disponible en pocas máquinas

200-500 bar (2900-7200 psi)
Máquinas especiales para refrigerante de muy alta presión

11 High pressure coolant - HPC_L_HPCFundamentals - Version 1.0 SANDVIK Coromant

Fundamentos del HPC

Área de aplicación

- Torneado
 - Optimización para el mecanizado de medio a acabado
- Fresado
 - Mecanizado de medio a desbaste en materiales ISO S
- Taladrado
 - Evacuación de viruta optimizada

Máx. a_p , rec.

10 High pressure coolant - HPC_L_HPCFundamentals - Version 1.0 SANDVIK Coromant

Fundamentos del HPC

Retos y beneficios

Torneado

Fresado

Taladrado

¿Cuál es tu experiencia con el HPC en estas áreas?

12 High pressure coolant - HPC_L_HPCFundamentals - Version 1.0 SANDVIK Coromant

Fundamentos del HPC

Retos en el mecanizado

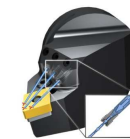
- Torneado
 - Temperatura de corte
 - Control de la viruta
- Fresado
 - Formación de la viruta
 - Posicionamiento de la fresa
 - Re-mecanizado de las virutas
- Taladrado
 - Temperatura variante
 - Perifería caliente
 - Centro robusto
 - Control y evacuación de la viruta a través del desahogo



Fundamentos del HPC

Requisitos del HPC

- Bomba/máquina
 - Presión
 - Volumen/caudal de refrigerante
 - Filtro
- Herramienta
 - Diámetro de la boquilla
 - Número de boquillas
 - Caudal del chorro
 - Dirección del chorro



Fundamentos del HPC

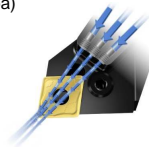
Principio del HPC

- Reducir el área incrementa la velocidad
- Una boquilla optimizada produce un chorro laminar paralelo de alta velocidad
- La precisión de la boquilla permite que el chorro dé en el punto exacto de la plaquita
- La boquillas pequeñas reducen los requisitos de presión y de caudal (de la bomba)

Velocidad del caudal w_1

Velocidad del caudal w_2

$$w_2 \gg w_1$$



Sesión teórica

Contenido

[Teoría sobre presión y caudal de refrigerante](#)

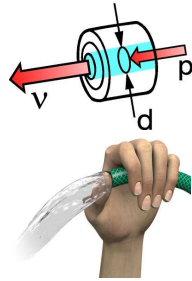
Objetivo
Entender la tecnología del HPC y cómo ésta puede optimizar la formación de la viruta y la vida útil de la herramienta.



Teoría sobre presión y caudal de refrigerante

Definiciones

- Presión (p)
 - Pascal = N/m²
 - Bar = 0.1 MPa (14.5 psi)
- Caudal de refrigerante (v), litro/min (galón/min)
- Diámetro de la boquilla (d), mm (pulg.)
- Área total de salida
 - Número de boquillas x $\pi \times d^2/4$

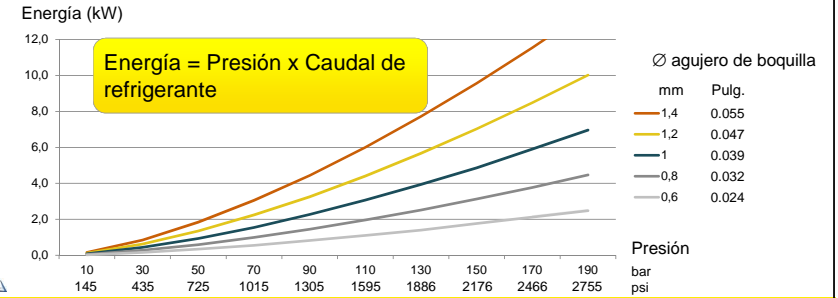


Cuanto mayor sea el área de salida, mayor es el caudal necesario para suministrar una presión dada



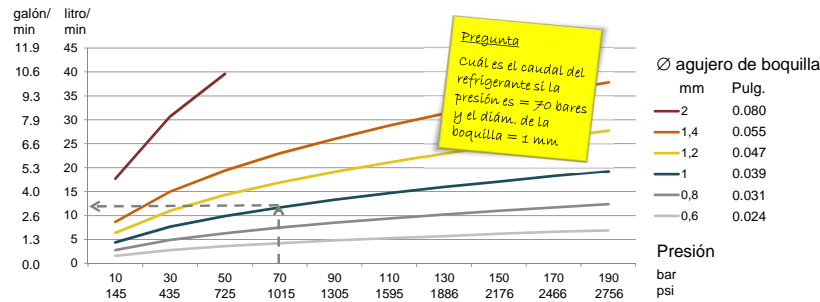
Teoría sobre presión y caudal de refrigerante

Consumo de energía para CoroTurn® HP con 3 boquillas



Teoría sobre presión y caudal de refrigerante

Caudal requerido para CoroTurn® HP con 3 boquillas



Sesión teórica

Contenido

[Teoría sobre boquillas](#)

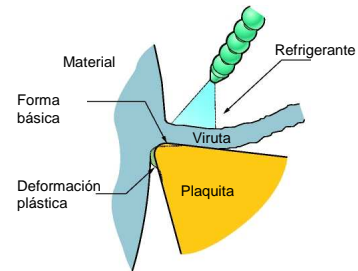
Objetivo
Entender la tecnología del HPC y cómo ésta puede optimizar la formación de la viruta y la vida útil de la herramienta.



Teoría sobre boquillas

Refrigerante convencional

- Se expone una superficie mínima de la plaquita al refrigerante
- La viruta impide el acceso del refrigerante a la plaquita
- Extensa zona de contacto afectada por el calor
- El refrigerante no puede penetrar entre la viruta y la plaquita



21

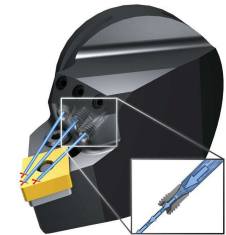
High pressure coolant - HPC_M2_NozzleTheory - Version 1.0



Teoría sobre boquillas

Boquillas de HPC

- La boquilla optimizada produce un chorro laminar paralelo de alta velocidad
- Boquillas precisamente dirigidas para que el chorro llegue a las posiciones pre-determinadas de la plaquita



23

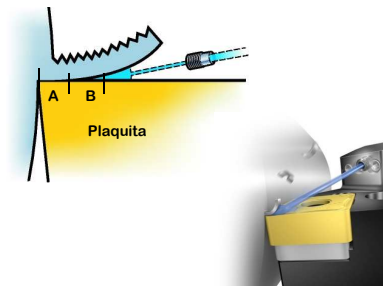
High pressure coolant - HPC_M2_NozzleTheory - Version 1.0



Teoría sobre boquillas

Refrigerante con boquillas de HPC: efecto cuña

- Un chorro de refrigerante de gran velocidad crea una cuña hidráulica
- Ofrece una refrigeración localizada de la plaquita en la zona de contacto (A)
- Elimina rápidamente la viruta de la cara de la plaquita, reduciendo el desgaste de la plaquita (B)
- Rompe la viruta en trozos más pequeños y la evacúa de la zona de corte



22

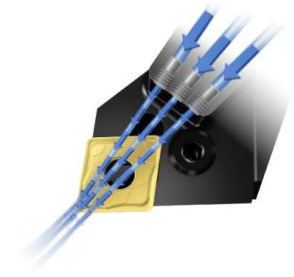
High pressure coolant - HPC_M2_NozzleTheory - Version 1.0



Teoría sobre boquillas

Boquillas de HPC: optimización

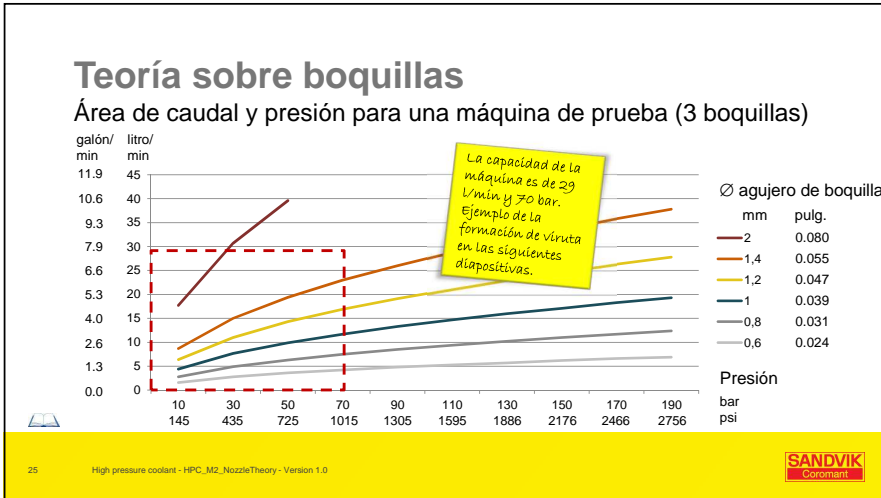
- Posibilidad de personalizar la herramienta con el número necesario de boquillas (o tapar, en alternancia, los orificios de refrigerante redundantes)
- Varios diámetros de boquilla para optimizar el caudal y la presión



24

High pressure coolant - HPC_M2_NozzleTheory - Version 1.0





Rendimiento de la formación de viruta

Geometría CoroTurn® HP -MMC, 70 bares (1000 psi)

Test	Nozzle diameter 0,6 mm	Nozzle diameter 1,0 mm (similar to 0,8, 1,2 and 1,4 mm)	Nozzle diameter 2,0 mm
1 nozzle			
2 nozzles			
3 nozzles			

Torneado longitudinal
Material: M1.0.Z.AQ / CMC 05.21
Presión: 70 bar (1000 PSI)
 v_c 180 m/min (591 pies/min)
 a_p 1.0 mm (0.04 pulg.)
 f_r 0.12 mm/r (0.005 pulg./r)

M

- Boquillas de 1.0 mm de Ø y 3 boquillas como primera elección

27 High pressure coolant - HPC_M2_NozzleTheory - Version 1.0 SANDVIK Coromant

Rendimiento de la formación de viruta

Geometría CoroTurn® HP -MMC, 35 bares (500 psi)

Test	Nozzle diameter 0,6 mm	Nozzle diameter 1,0 mm (similar to 0,8, 1,2 and 1,4 mm)	Nozzle diameter 2,0 mm
1 nozzle			
2 nozzles			
3 nozzles			

Torneado longitudinal
Material: M1.0.Z.AQ / CMC 05.21
Presión: 35 bar (1000 PSI)
 v_c 180 m/min (591 pies/min)
 a_p 1.0 mm (0.04 pulg.)
 f_r 0.12 mm/r (0.005 pulg./r)

M

- Una buena formación de viruta empieza a partir de 35 bar (435 psi)
- Efecto positivo al cubrir una salida de refrigerante (boquilla 1.0 mm)

26 High pressure coolant - HPC_M2_NozzleTheory - Version 1.0 SANDVIK Coromant

Teoría sobre boquillas

Boquillas

Código de pedido	Rosca	Tam. boquilla, diá. (mm)	Tamaño de la llave hexagonal (mm)
5691 026-23	M2.5	1.00	1.30
5691 026-11	M3	0.60	1.50
5691 026-12	M3	0.80	1.50
5691 026-13*	M3	1.00	1.50
5691 026-14	M3	1.20	1.50
5691 026-15	M3	1.40	1.50
5691 026-16	M3	1.50	1.50
5691 026-01	M4	0.60	2.00
5691 026-02	M4	0.80	2.00
5691 026-03*	M4	1.00	2.00
5691 026-04	M4	1.20	2.00
5691 026-05	M4	1.40	2.00
5691 026-06	M4	2.00	2.00

*) Tamaño STD de boquilla para la mayoría de portaherramientas

28 High pressure coolant - HPC_M2_NozzleTheory - Version 1.0 SANDVIK Coromant

Teoría sobre boquillas

Tapón

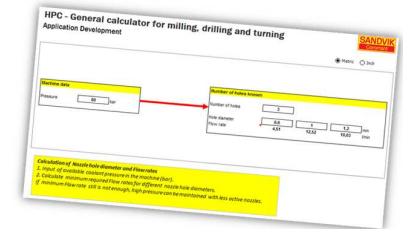
Código de pedido	Tam. de la boquilla	Diám. de la fresa, mm (pulg.)
3214 010-202	M3	40 – 44 (1.500 – 1.732)
3210 010-253	M4	0 – 100 (2.000 – 4.000)



Teoría sobre boquillas

Calculadora de HPC

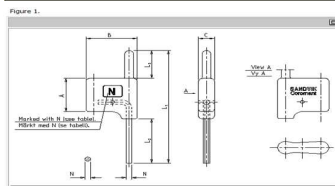
- El número y el diámetro de las boquillas puede calcularse para ajustarse al caudal y a la presión de la máquina



Teoría sobre boquillas

Llave hexagonal

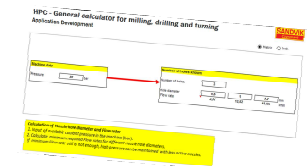
Código de pedido	N (mm)	Nota
-	1.30	para boquillas M2,5 (no disponible en la gama de Sandvik Coromant)
174.1-862	1.50	para boquillas M3
170.3-864	1.98	para boquillas M4



Teoría sobre boquillas

Ejercicio

- Utiliza la calculadora para calcular el caudal de refrigerante a una presión de 80 bar (1160 psi)
- Máquina multi-tarea
 - C8-PCMNN-00150-12HP (3 boquillas * Ø1.0 mm)
 - 690-080C8-1473M (21 boquillas * Ø0.6 mm)
 - 880-D4300C6-03 (2 agujeros * Ø5.0 mm)



[Enlace a la calculadora](#)

Sesión teórica

Contenido

[Requisitos de la máquina](#)

Objetivo
Entender la tecnología del HPC y cómo ésta puede optimizar la formación de la viruta y la vida útil de la herramienta.

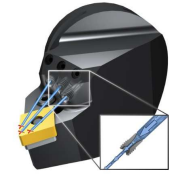





Requisitos de la máquina

Torneado: de 1 a 3 boquillas

- La presión necesaria para el control de viruta dependerá del material
 - 80 bares (1160 psi) es adecuada para romper la viruta en las operaciones de acabado de la mayoría de los materiales
 - Se utiliza una presión de hasta 400 bares (5802 psi) en aplicaciones especializadas tales como las aeroespaciales y en dúplex inoxidable
- Regla de oro del requisito de caudal para una presión de 80 bares (1160 psi)
 - 5 litros/min (1.3 galones/min) para cada boquilla (1.0 mm de Ø)






Requisitos de la máquina

Características del refrigerante de alta presión


- Costes adicionales de las bombas de refrigerante de alta presión
 - La opción estándar a seleccionar normalmente es 70 a 80 bar (1015 a 1160 psi) y un caudal de 20 a 30 litros/min (5.3 a 8.0 galones/min)
 - Las bombas con una mayor capacidad a ésta, incrementan su precio de manera escalonada
- Aspectos medioambientales
 - Refrigerante pulverizado y mayor coste energético
- Calidad del refrigerante
 - Un filtro de refrigerante limpio es importante para evitar el atasco de las boquillas.
Es necesario un filtro de refrigerante de 5 a 25 µm (0.0002 a 0.001 pulg.)

Utiliza la presión correcta para la aplicación específica y ¡no utilices una presión mayor a la necesaria!

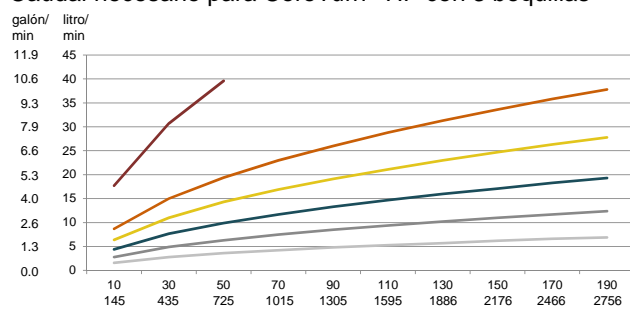



Teoría del flujo y de la presión

Caudal necesario para CoroTurn® HP con 3 boquillas



Presión	Ø agujero de boquilla	
	mm	pulg.
2	1.4	0.055
1	1.0	0.039
0.8	0.8	0.031
0.6	0.6	0.024



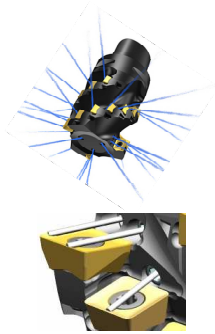


Requisitos de la máquina

Fresado: 80 bares (1160 psi)

- Caudal de 50 litros/min (13.2 galones/min) recomendado al utilizar fresas de plaquita intercambiable
- Boquillas necesarias para reducir el caudal requerido al superar $z_n 10$:

Boquilla de 1.0 mm Ø	hasta 10 salidas
Boquilla de 0.8 mm Ø	10 a 20 salidas
Boquilla de 0.6 mm Ø	más de 20 salidas



37 High pressure coolant - HPC_M3_MachineRequirements - Version 1.0

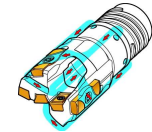
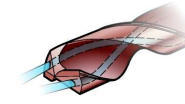


Requisitos de la máquina

Taladrado: 80 bares (1160 psi)

- Se requiere un gran caudal para expulsar las virutas del desahogo:

más de 40 mm y CoroDrill 805	50 litros/min (13.2 galones/min)
12 a 40 mm	30 litros/min (7.9 galones/min)
hasta 12 mm	16 litros/min (4.2 galones/min)

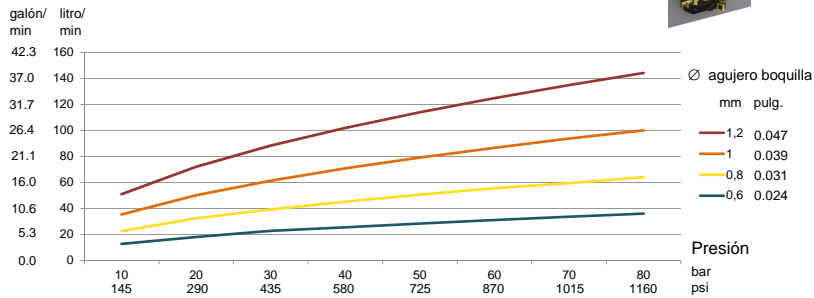


38 High pressure coolant - HPC_M3_MachineRequirements - Version 1.0



Requisitos de la máquina

Caudal necesario para CoroMill® con 21 boquillas

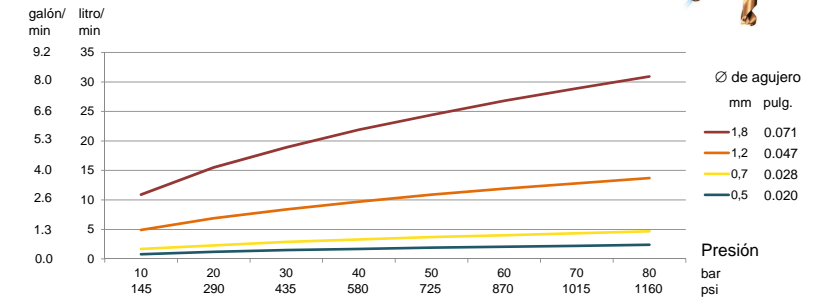


38 High pressure coolant - HPC_M3_MachineRequirements - Version 1.0



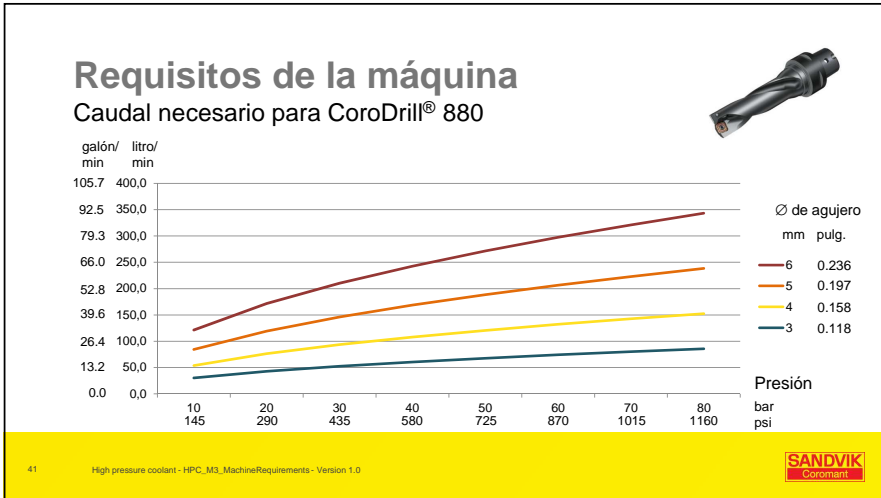
Requisitos de la máquina

Caudal necesario para CoroDrill® Delta-C



40 High pressure coolant - HPC_M3_MachineRequirements - Version 1.0





Requisitos de la máquina

Capacidades típicas de la bomba

- CoolJet
 - UltraFlex
 - presión - hasta 1000 psi - 70 bares
 - caudal - 15 gpm - 57 litros/min
 - Serie L
 - presión - hasta 1000 psi - 70 bares
 - caudal - 8 gpm - 30 litros/min
 - Serie Mini
 - presión - hasta 2000 psi - 140 bares
 - caudal - 4.2 gpm (a 1000 psi) - 16 litros/min
 - 2.8 gpm (a 1500 psi) - 11 litros/min
 - 1.7 gpm (a 2000 psi) - 6 litros/min

43 High pressure coolant - HPC_M3_MachineRequirements - Version 1.0 SANDVIK Coromant

Requisitos de la máquina

Capacidades típicas de la bomba

- Chip blaster: "Alta presión, gran volumen"
 - CV50-3000
 - presión - hasta 3000 psi - 200 bares
 - caudal - 40 gpm - 152 litros/min
 - GV20
 - presión - hasta 1400 psi - 100 bares
 - caudal - 10 gpm (a 1400 psi) - 38 litros/min (a 100 bares)
 - 20 gpm (a 1000 psi) - 76 litros/min (a 70 bares)
 - JV10
 - presión - hasta 1400 psi - 100 bares
 - caudal - 6 gpm (a 1400 psi) - 23 litros/min (a 100 bares)
 - 10 gpm (a 1000 psi) - 38 litros/min (a 70 bares)

42 High pressure coolant - HPC_M3_MachineRequirements - Version 1.0 SANDVIK Coromant

Sesión teórica

Contenido

Materiales de trabajo y HPC

Objetivo
Entender la tecnología del HPC y cómo ésta puede optimizar la formación de la viruta y la vida útil de la herramienta.

44 High pressure coolant - HPC_M_TheorySession - Version 1.0 SANDVIK Coromant

Materiales ISO y HPC

- P** Rotura de viruta optimizada.
Vida útil: hasta +50% o incluso más en los mejores casos.
- M** Rotura de viruta muy optimizada y mayor efecto a mayor presión
Vida útil: hasta +100% o incluso más en los mejores casos
- K** Rotura de viruta optimizada no tan obvia
- N** Rotura de viruta optimizada
- S** Rotura de viruta muy optimizada y efecto incrementado a mayor presión
Vida útil: hasta +100% o incluso más en los mejores casos
- H** Rotura de viruta muy optimizada y efecto incrementado a mayor presión

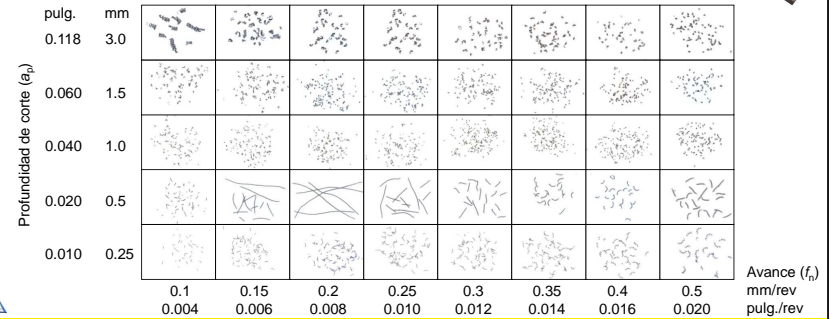


Presión de refrigerante 70 bar (1015 psi)

SS1672, CMC 02.1, P2.1.Z.AN
CNMG120408-PM 4225
 v_c 245 m/min (804 pies/min)

P

C5-PCLNL-45065-12HP

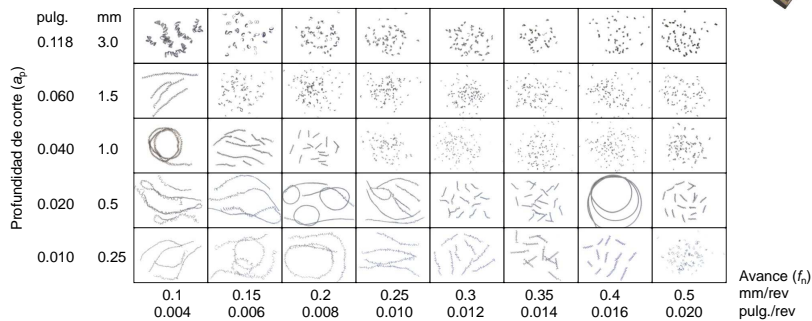


Presión de refrigerante 7 bar (102 psi)

SS1672, CMC 02.1, P2.1.Z.AN
CNMG120408-PM 4225
 v_c 245 m/min (804 pies/min)

P

C5-PCLNL-45065-12HP

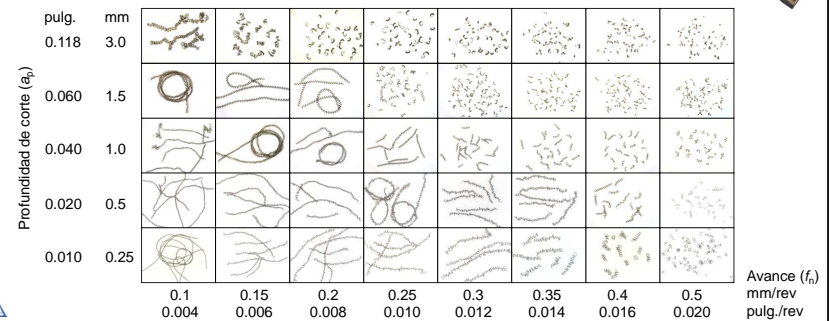


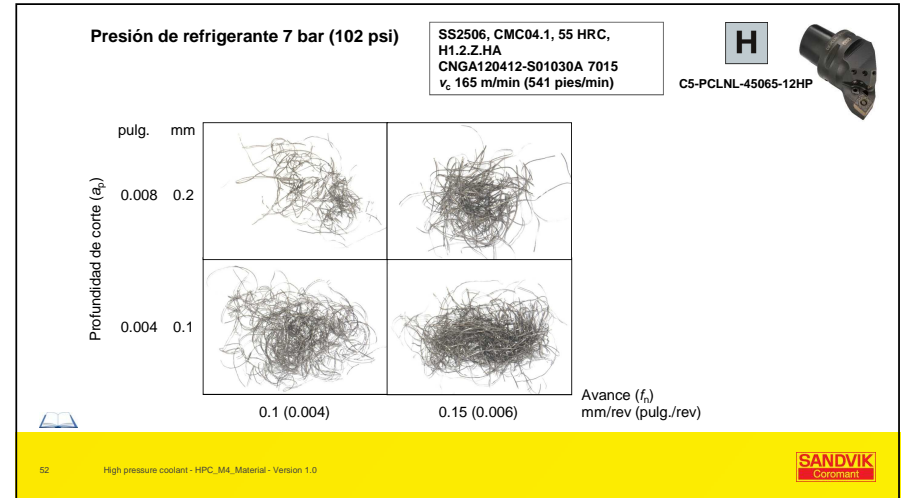
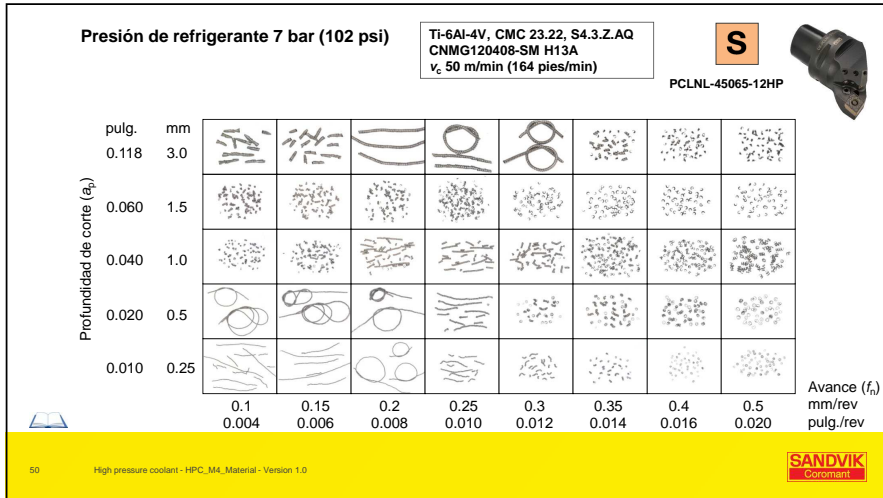
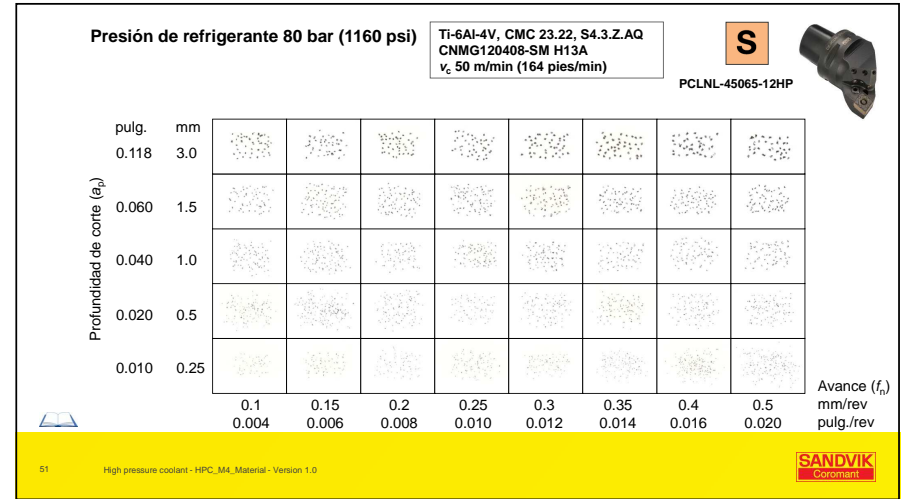
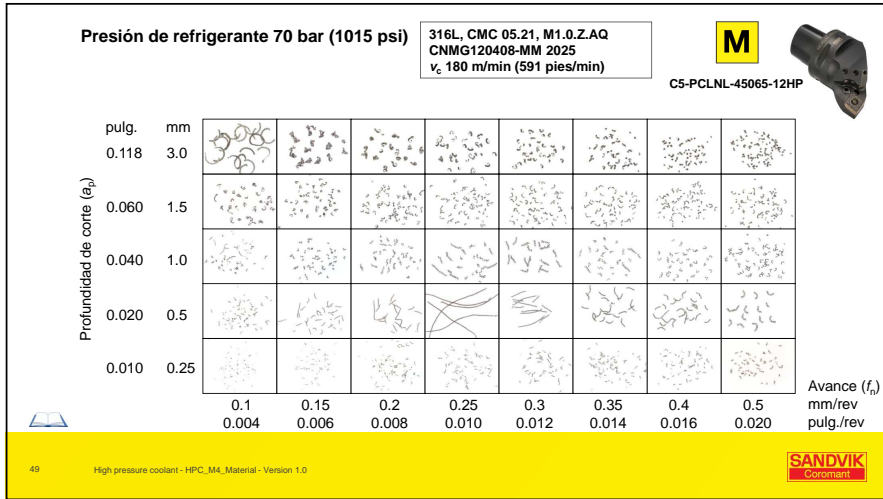
Presión de refrigerante 7 bar (102 psi)

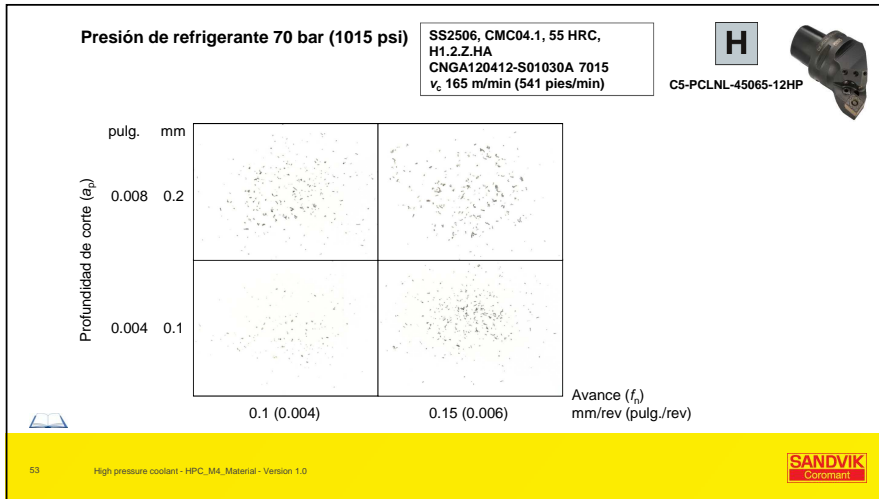
316L, CMC 05.21, M1.0.Z.AQ
CNMG120408-MM 2025
 v_c 180 m/min (591 pies/min)

M

C5-PCLNL-45065-12HP







CoroTurn HP
Effect of coolant pressure 10 to 400 bar

- Steel – unalloyed »** (C = 0.43 to 0.5%)
 - » CNMG 120408-PF
 - » CNMG 120408-PM
 - » CNMG 120408-PMC
 - » CNMG 120412-QM
- Steel – low carbon »** (C = max 0.17%)
 - » CNMG 120408-LC
 - » CNMG 120408-PMC
- Steel – hardened »** (C = 0.43 to 0.5% (45HRC))
 - » VBGW 160408 S01020F
- Steel – hardened »** (Low alloy case hardened (55HRC))
 - » CNGA 120412-S01030A
 - » VBGW 160408 S01020F
- Stainless – 316 »**
 - » CNMG 120408-MF
 - » CNMG 120408-MM
 - » CNMG 120408-MMC
- Inconel 718 »** (44HRC)
 - » CNMG 120408-SGF
 - » CNMG 120408-SM
- Titanium Ti6Al4V »**
 - » CNMG 120408-SM
 - » RCMT 1204M0
 - » RCMT 1204M0-SM

©2012 AB Sandvik Coromant
The information in this document is the property of AB Sandvik Coromant and may not be copied to a third party, or used for any purpose other than that for which it is supplied without the express written consent of AB Sandvik Coromant.

54 High pressure coolant - HPC_0_programme - Version 1.0

Refrigerante de Alta Presión
Contenido

[Casos y resultados de las pruebas](#)

54 High pressure coolant - HPC_0_programme - Version 1.0

Refrigerante de Alta Presión
Contenido

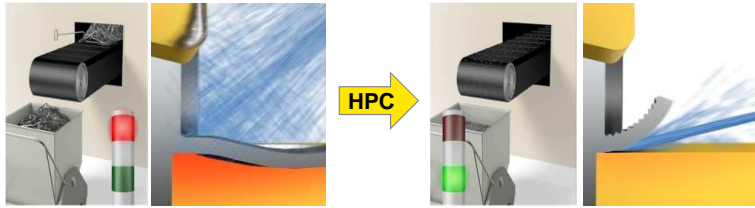
[Resumen y conclusión](#)

56 High pressure coolant - HPC_0_programme - Version 1.0

Fundamentos del HPC

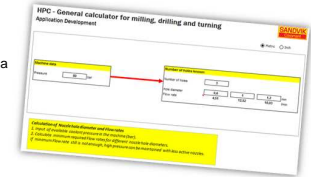
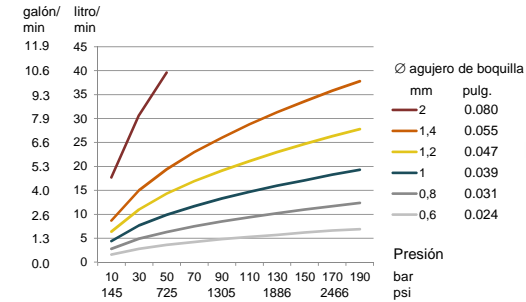
HPC: ¡una forma de mejorar la seguridad!

- Control de viruta y vida útil optimizados



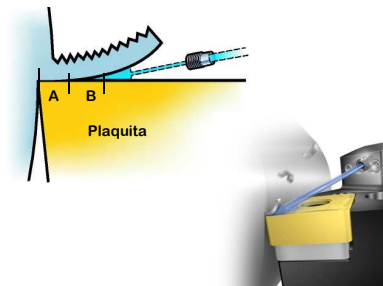
Pressure and flow theory

Caudal requerido para CoroTurn® HP con 3 boquillas



Tecnología HPC: efecto cuña

- Un chorro de refrigerante de gran velocidad crea una cuña hidráulica
- Chorros de gran precisión de refrigerante de alta presión dirigidos a una zona de corte limitada



Efectos del HPC y reglas de oro

- Torneado**
 - Efecto positivo con portaherramientas HP a partir de 10 bar (145 psi)
 - Buena rotura de viruta en las operaciones de acabado de la mayoría de materiales a 80 bar (1160 psi)
 - Regla de oro:
 - 5 litros/min (1.3 galón/min) para cada boquilla (Ø1.0 mm) a 80 bar (1160 psi)
- Fresado**
 - Para CoroMill 690, se requiere un caudal de refrigerante de 50 litros/min (13.2 galón/min)
 - Regla de oro para boquillas:
 - Boquilla 1.0 mm Ø, hasta 10 salidas
 - Boquillas 0.8 mm Ø, 10 a 20 salidas
 - Boquilla 0.6 mm Ø, más de 20 salidas
- Taladrado**
 - Gran caudal de refrigerante para expulsar las virutas de los desahogos
 - Regla de oro para boquillas de taladrado:
 - hasta 12 mm, 16 litros/min (4.2 galón/min)
 - 12 a 40 mm, 30 litros/min (7.9 galón/min)
 - más de 40 mm y CoroDrill 805, 50 litros/min (13.2 galón/min)



Herramientas para HPC

- Coromant Capto® y el refrigerante de alta presión son “la combinación perfecta”
- Productos CoroTurn® HP y -SL en tamaños de C4 a C8
- Sistema de sujeción QS™
- Mangos de herramienta CoroTurn® HP
- CoroMill® 690



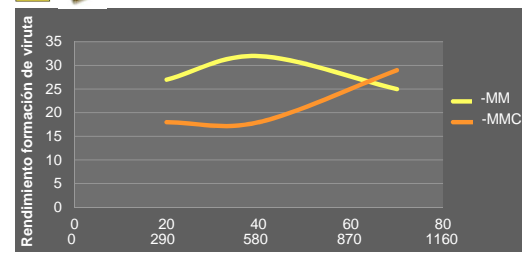
61 High pressure coolant - HPC_R_SummaryEnding - Version 1.0



Rendimiento de formación de viruta CoroTurn® HP

Geometría CoroTurn® HP -MMC frente a la geometría estándar -MM

M



v_c 320 m/min (1050 pies/min)
 a_p 0.25-3 mm (0.01-0.12 pulg.)
 f_r 0.15-0.4 mm/r (0.006-0.016 pulg./r)

Las geometías CoroTurn HP están diseñadas para que la alta presión consiga una formación de viruta similar a la de las plaquitas estándar.

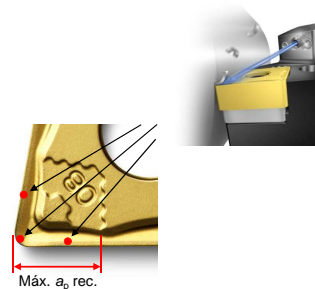
Presión de refrigerante
bar
psi

63 High pressure coolant - HPC_R_SummaryEnding - Version 1.0



Geometrías para CoroTurn® HP

- Optimizadas para mecanizado medio y acabado
- Vida útil prolongada y mejor formación de viruta
- Boquillas en combinación con geometrías de plaquita especiales -PMC, -MMC y -SMC



62 High pressure coolant - HPC_R_SummaryEnding - Version 1.0



Materiales ISO y HPC

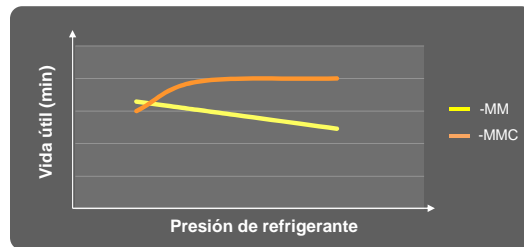
- P** Rotura de viruta optimizada.
Vida útil: hasta +50% o incluso más en los mejores casos.
- M** Rotura de viruta muy optimizada y efecto incrementado a mayor presión
Vida útil: hasta +100% o incluso más en los mejores casos
- K** Rotura de viruta optimizada no tan obvia
- N** Rotura de viruta optimizada
- S** Rotura de viruta muy optimizada y efecto incrementado a mayor presión
Vida útil: hasta +100% o incluso más en los mejores casos
- H** Rotura de viruta muy optimizada y efecto incrementado a mayor presión

64 High pressure coolant - HPC_R_SummaryEnding - Version 1.0



Vida útil para CoroTurn® HP

Geometría CoroTurn® HP -MMC frente a la geometría -MM



a >30 bares (435 psi), la vida útil de las plaquitas CoroTurn HP de geometría -MMC excede la vida útil de las plaquitas de geometría -MM.

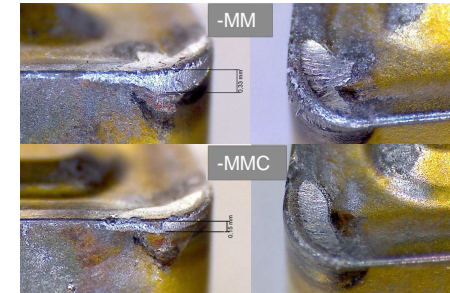
65

High pressure coolant - HPC_R_SummaryEnding - Version 1.0



Optimizar la vida útil

Efecto del tipo de geometría a 70 bar (1000 psi)



Material: M1.0.Z.AQ/CMC 05.21
Geometría: -MM y -MMC
Portaherramientas: CoroTurn HP
Velocidad de corte (v_c): 265 m/min (870 pies/min)
Avance (f_z): 0.3 mm/r (0.012 pulg./r)
Profundidad de corte (a_p): 1.0 mm (0.040 pulg.)
Tiempo de corte: 5 min

Prolongada vida útil y buena formación de viruta con -MMC a altas presiones, 70 bares (1000 psi).

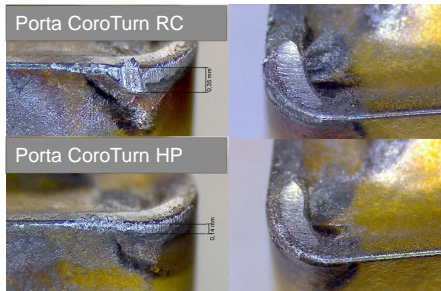
67

High pressure coolant - HPC_R_SummaryEnding - Version 1.0



Optimizar la vida útil con HPC

Efecto del tipo de portaherramientas a 10 bar (145 psi)



Material: M1.0.Z.AQ/CMC 05.21
Geometría: -MM
Velocidad de corte (v_c): 265 m/min (870 pies/min)
Avance (f_z): 0.3 mm/r (0.012 pulg./r)
Profundidad de corte (a_p): 1.0 mm (0.040 pulg.)
Tiempo de corte: 5 min

Efecto positivo al utilizar portaherramientas HP con geometrías estándar, a partir de 10 bares (145 psi).

66

High pressure coolant - HPC_R_SummaryEnding - Version 1.0

