

超高压クーラントを利用した高速切削加工技術

High-speed cutting processing technology using ultra-high pressure coolant



第2回 CMI シンポジウム ～ 新しい切削加工技術の展開 ～

平成26年10月17日

東京大学生産技術研究所

先進ものづくりシステム連携研究センター

CMI (Collaborative Research Center for Manufacturing Innovation)



株式会社トクピ製作所 森合主税
TOKUPI MFG. CO.,LTD. CHIKARA MORIGO

会社概要・Corporate profile

株式会社 トクピ製作所

TOKUPI MFG. CO.,LTD.

所在地：大阪府八尾市大竹3-167

事業内容

- プランジャーポンプ製造販売
- ウィルス対策ミスト装置
- 洗浄ユニット・造水機・超高压剥離装置
- 超高压クーラント装置・システム



Ultra-high pressure coolant market

CVT

Torque Converter

Turbo Charger

INCONEL

人工関節
Artificial joint

油井管
Oil well casing

Shale gas
Methane hydrate



Boeing 787

TRENT1000 (Rolls-Royce)
GENx (General Electric)



Image Source : General Electric

(日本参加企業と担当部位)

◇IHI

低圧タービン、高圧圧縮機部品、
低圧タービンシャフト

◇三菱重工業

燃焼器ケース



Google web site

従来のクーラントの役割

The role of the conventional coolant

○■ 切り屑の除去（加工機内流し）

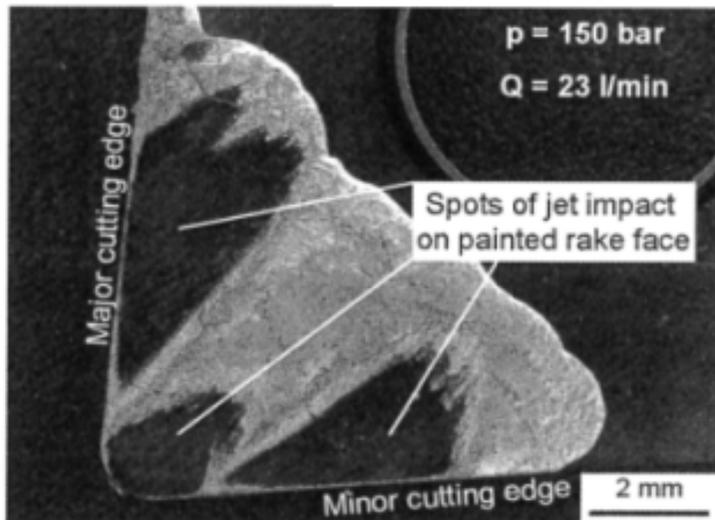
△■ 工具の冷却

△■ 潤滑効果



超高压クーラントの概念

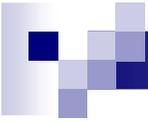
Ultra high pressure coolant concept



Tool holders used and position of jet impact on the rake face of the cutting inserts Iscar Germany

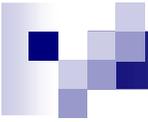
Quotation;

F Klockl, H Sangermann, A Kramer, and D Lung Laboratory for Machine Tools and Production Engineering RWTH Aachen University, Aachen, Germany revision for publication 26 July 2010



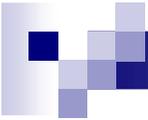
High pressure nozzle 1



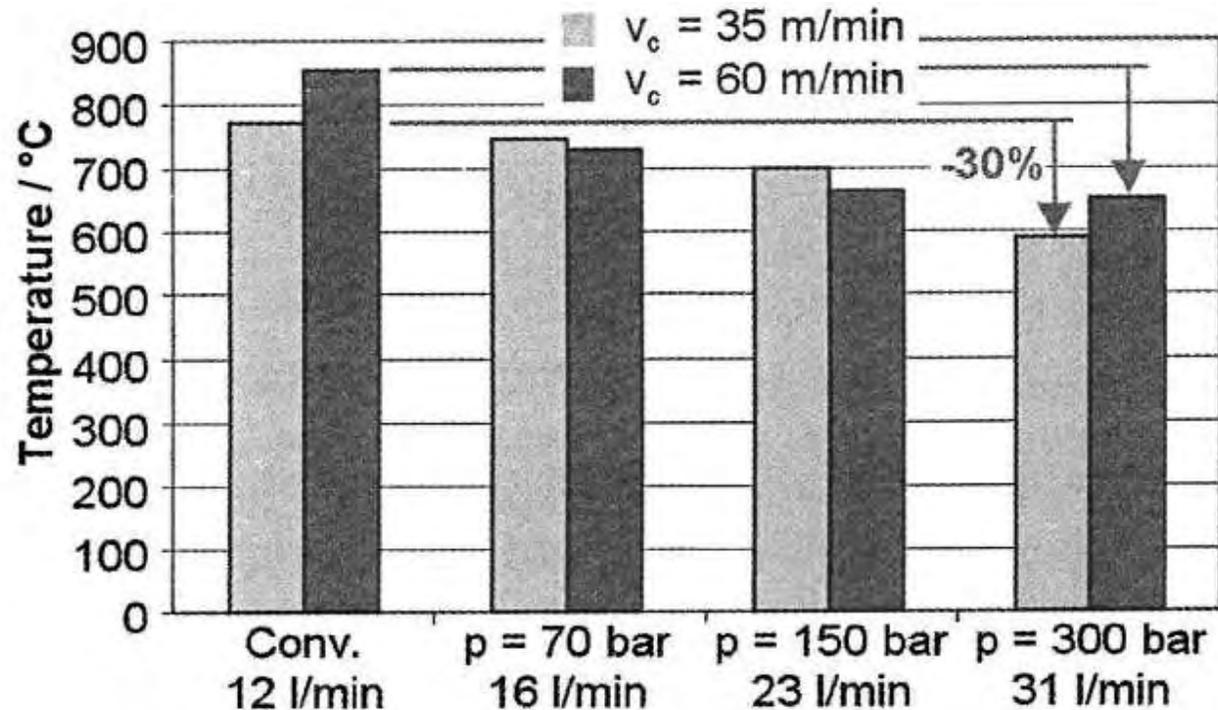


High pressure nozzle 2

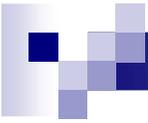




University, Aachen, Germany revision for publication 26 July 2010

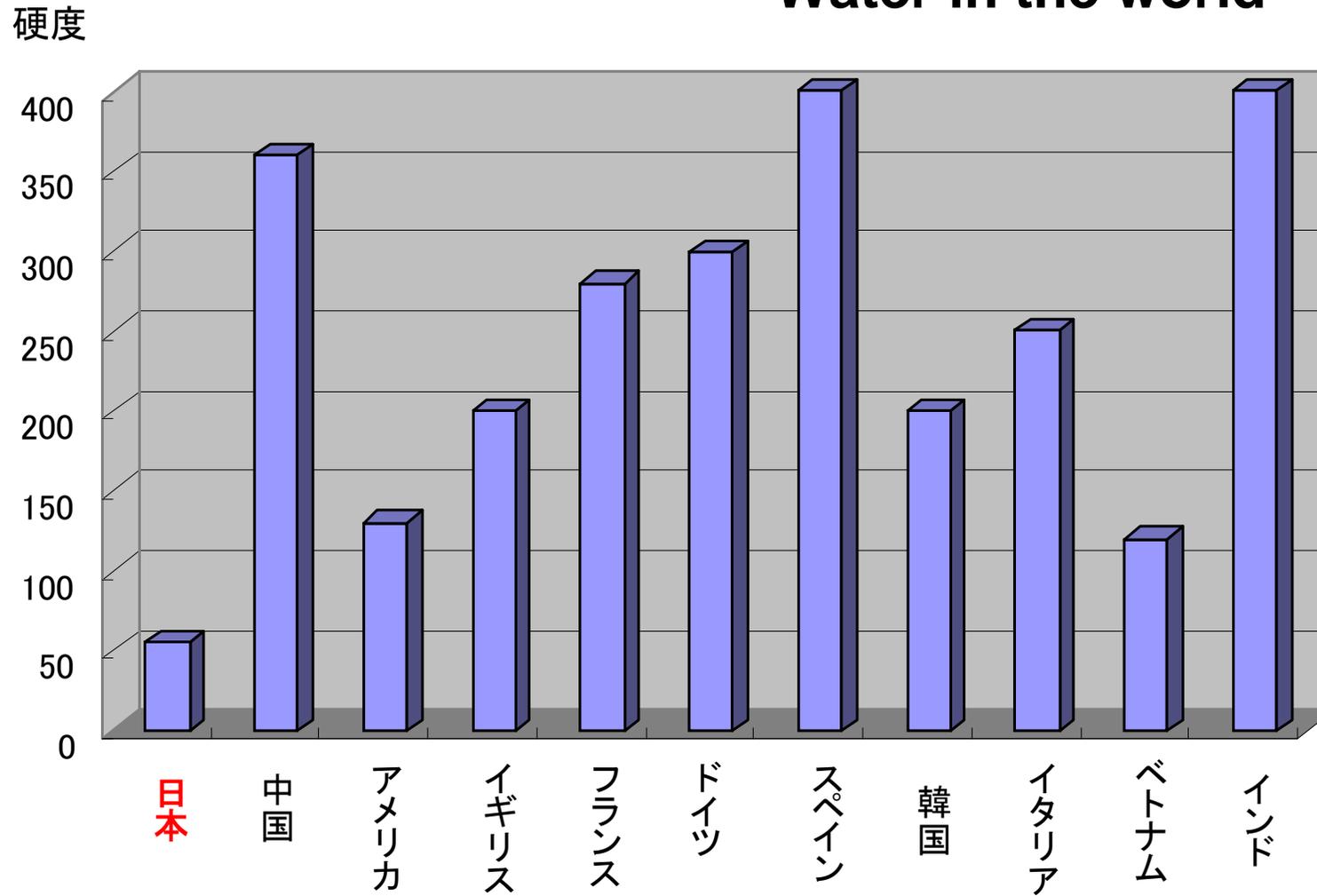


Process: Longitudinal external turning
Material: Inconel 718
Cutting Material: HW-S05/S20
Geometry: CNMA 120408
Depth of cut: $a_p = 1$ mm
Feed: $f = 0.2$ mm
Lubricoolant: Emulsion, 7 %



世界の水

Water in the world



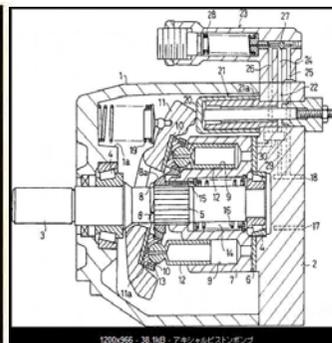
工作機械の高圧クーラントポンプの現状

The present condition of the high-pressure coolant pump of a machine tool

■ 油圧ポンプ

■ プランジヤー

スクリュウ



トロコイド

ピストン

油圧流体用

比較的に異物には弱い構造
(メタルタッチ・材質硬度)

水溶性用

比較的に異物に強い構造
(シル対応・セラミック)

High-PRECOのクーラント用ポンプ

The pump for coolants of HI-PRECO

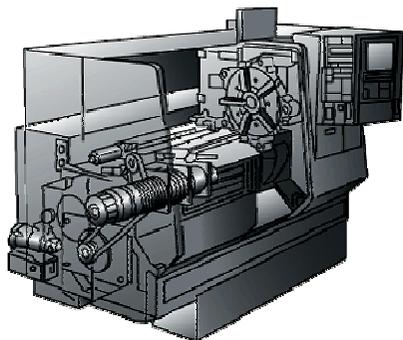
- SUS316仕様 → グローバル対応
- プランジャ方式 → 7MPa~50MPaを実現
高圧・超高压向き
- 消耗時は、部品の交換のみ



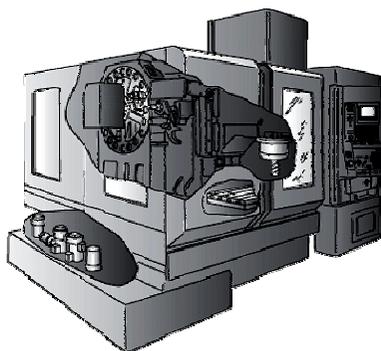
超高压クーラントユニットシステム

Ultra-high pressure coolant unit system

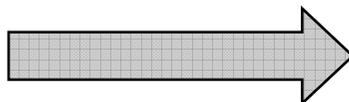
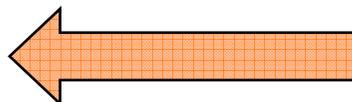
HIPRECOシリーズ



7MPa~30MPa



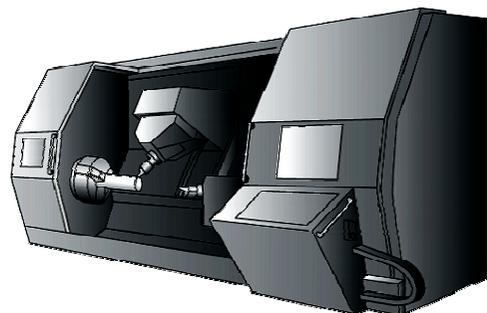
高压クーラントを圧送



クーラント液を供給



供給されたクーラント液を
サイクロンフィルターで濾過



現在工作機械は**7MPa**までの対応
20MPa 超高压に対応も登場

産学で実施した超耐熱鋼の旋削加工に 超高压クーラントを使用した効果検証

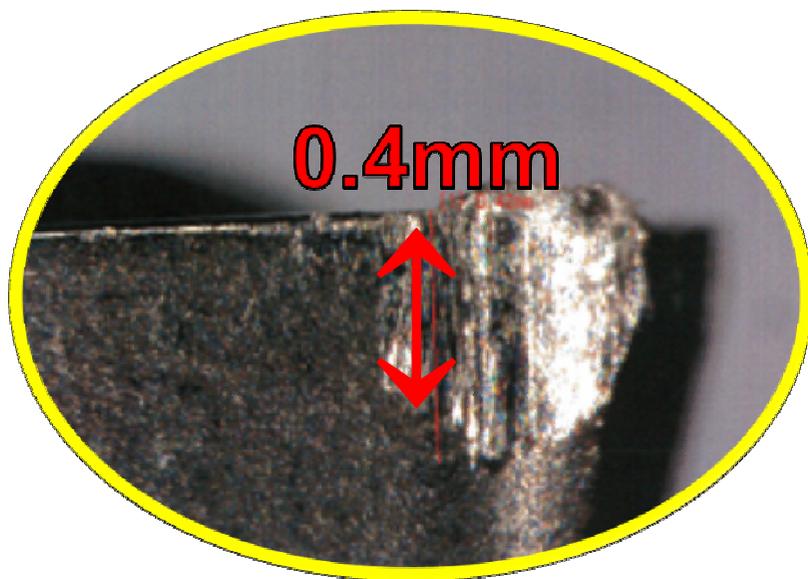
Effect verification

協力

兵庫県立大学大学院工学研究科
機械系工学専攻機械知能工学部門

- ・ 国立明石工業高等専門学校
- ・ 国立奈良工業高等専門学校

INCONEL-718



切削速度を**2倍**にしてもVB摩耗は変化なし

従来 切削条件

$V_c=30\text{m/min}$

$f_n=0.15\text{mm/rev}$

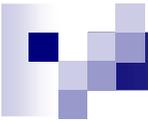
$a_p=0.1\text{mm}$

20MPa 超高压クーラント

$V_c=60\text{m/min}$

$f_n=0.15\text{mm/rev}$

$a_p=0.1\text{mm}$



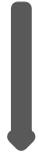
INCONEL718 CBN加工

CBN Processing



産学研究

表面粗さ



39%低減

全て**1.7 μm**以下

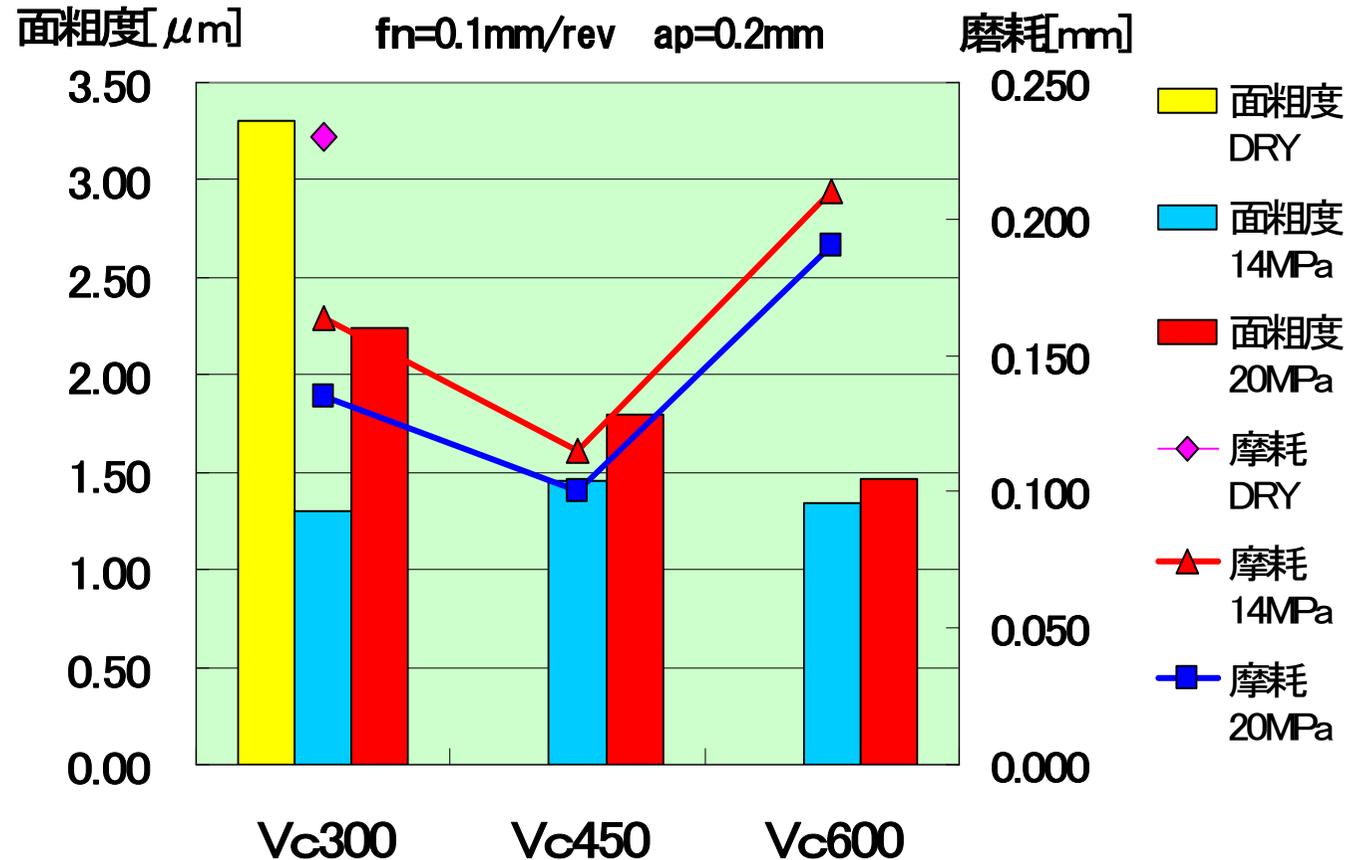
摩耗



43%低減

全て**0.21mm**以下

[圧力別切削実験・摩擦と面粗度 相関グラフ]



INCONEL718 CBN摩耗画像

Wear picture

VB摩耗=0.265mm

VB摩耗=0.184mm

産学研究



INCONEL-718

PCLNL 2525M-12HP
CNMG 120408-SM1105
Vc 40m/min f 0.2mm/rev ap 2mm

7MPa



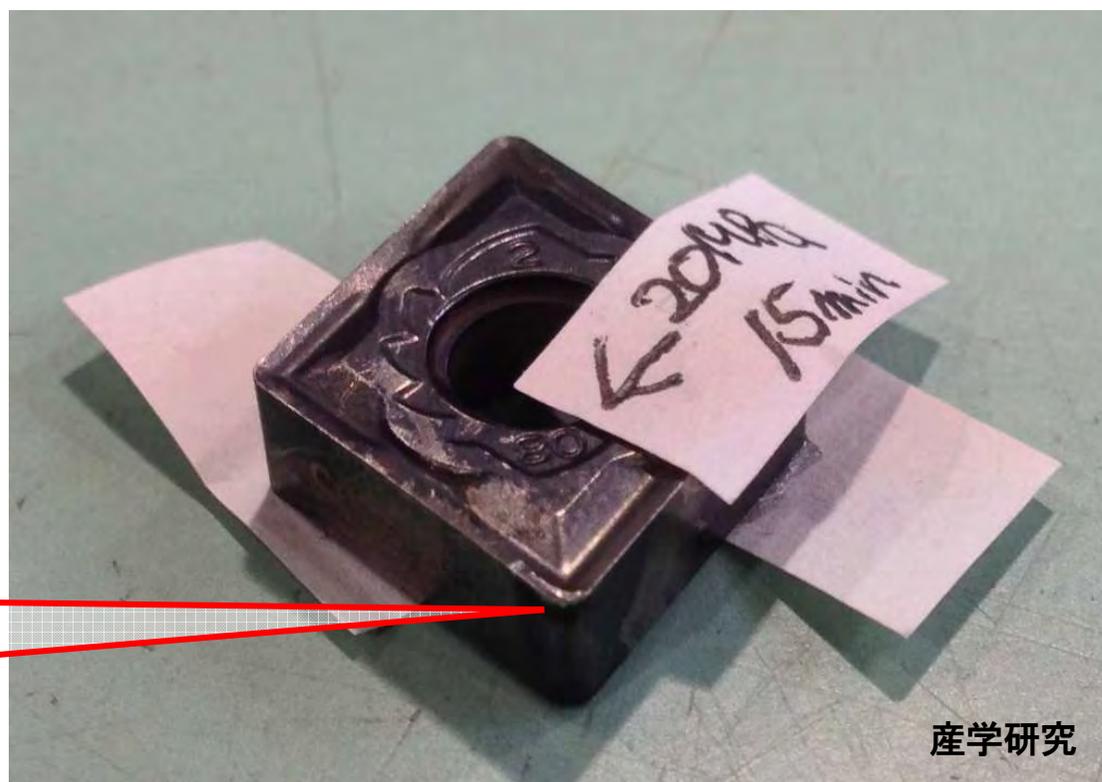
15MPa



産学研究

INCONEL-718

CNMG 120408-SM1105
切削時間15min後の状態



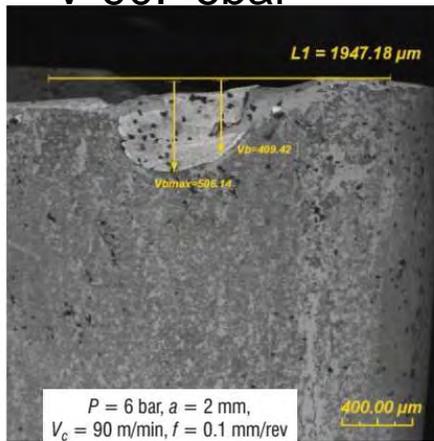
産学研究

**熱伝導性が低い難削材の旋削加工には
超高圧クーラントによる
ハイプレッシャーブレーカーが効果的である**

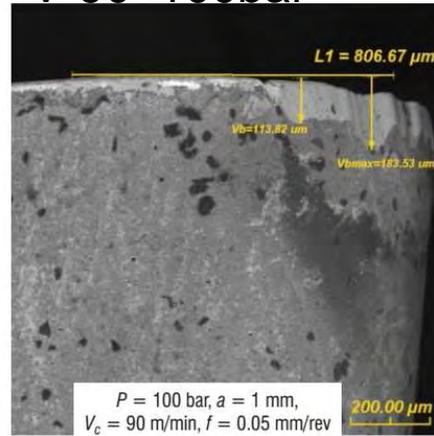
耐熱合金 INCONEL-718

Heat resistant alloy

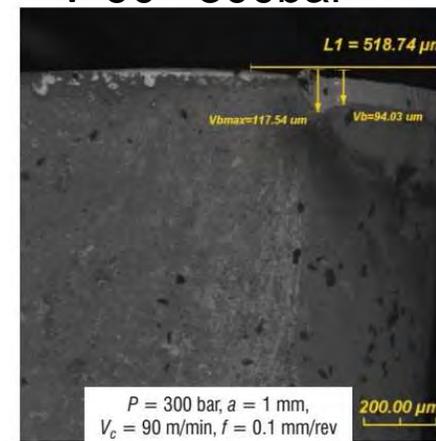
V-90. 6bar



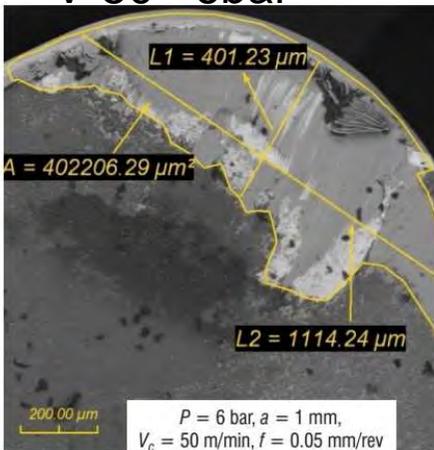
V-90 100bar



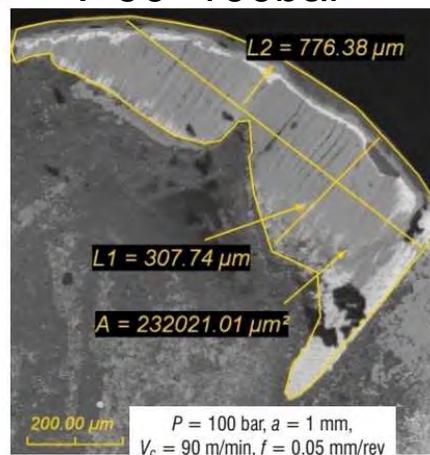
V-90 300bar



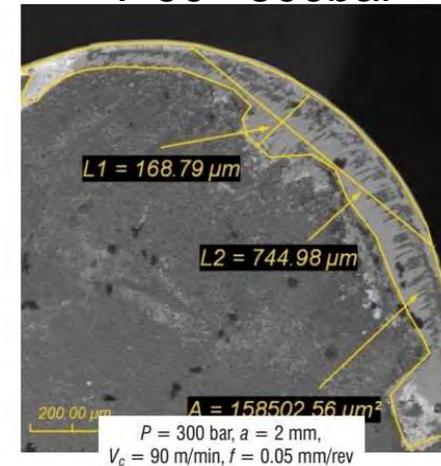
V-50 6bar



V-90 100bar



V-90 300bar

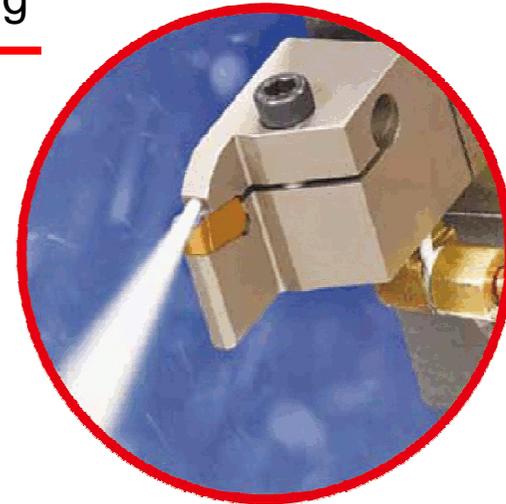


参考文献：Oğuz Çolak : Investigation on Machining Performance of Inconel 718 under High Pressure Cooling Conditions, Journal of Mechanical Engineering 58(2012)11, 683-690

SS材 溝入れ

Grooving

低炭素鋼 Low-carbon



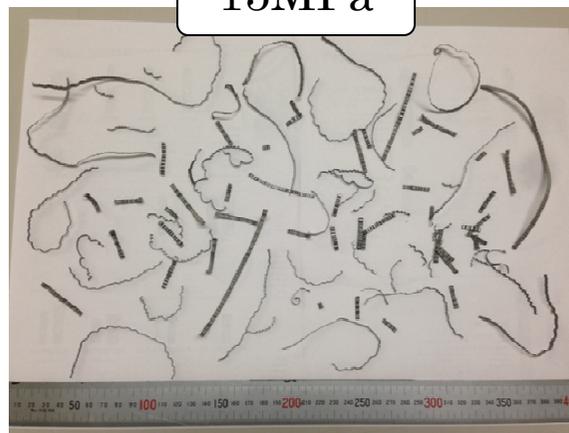
加工条件：

V_c : 250m/min f : 0.08mm/rev

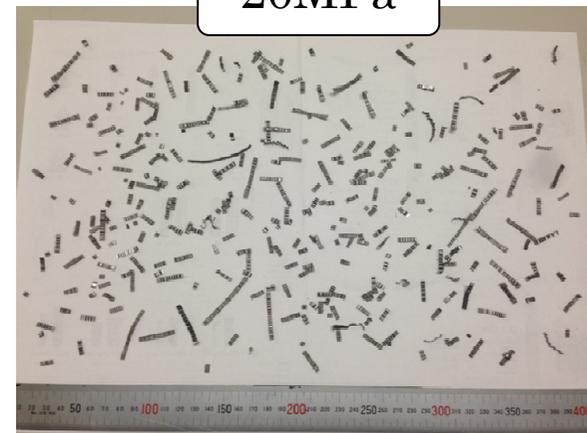
7MPa

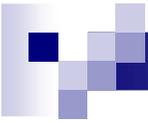


15MPa



20MPa



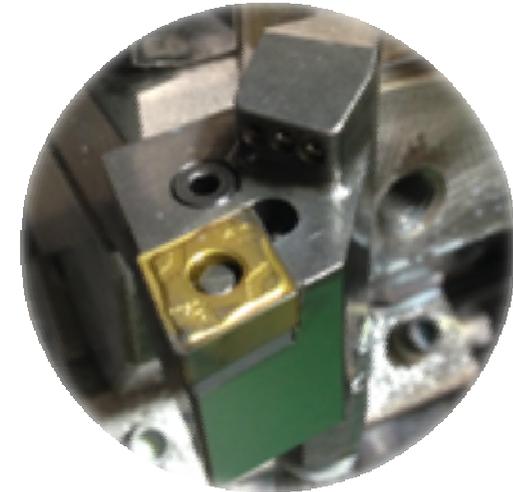


STKM11A

外径切削 Outer Cutting



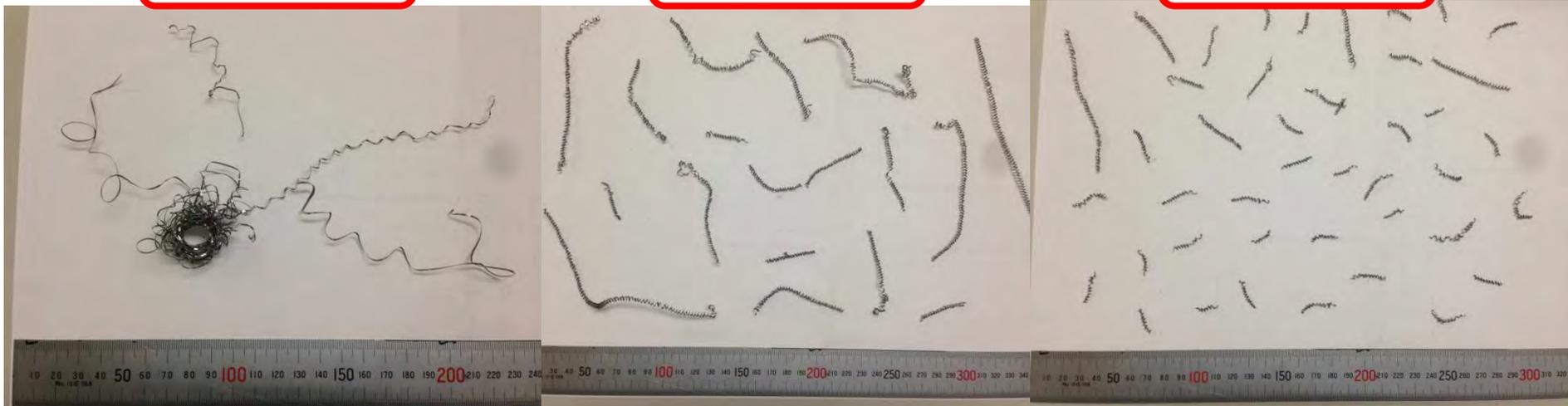
$V_c=120\text{m/min}$
 $f_n=0.08\text{mm/rev}$
 $a_p=0.25\text{mm}$



1MPa

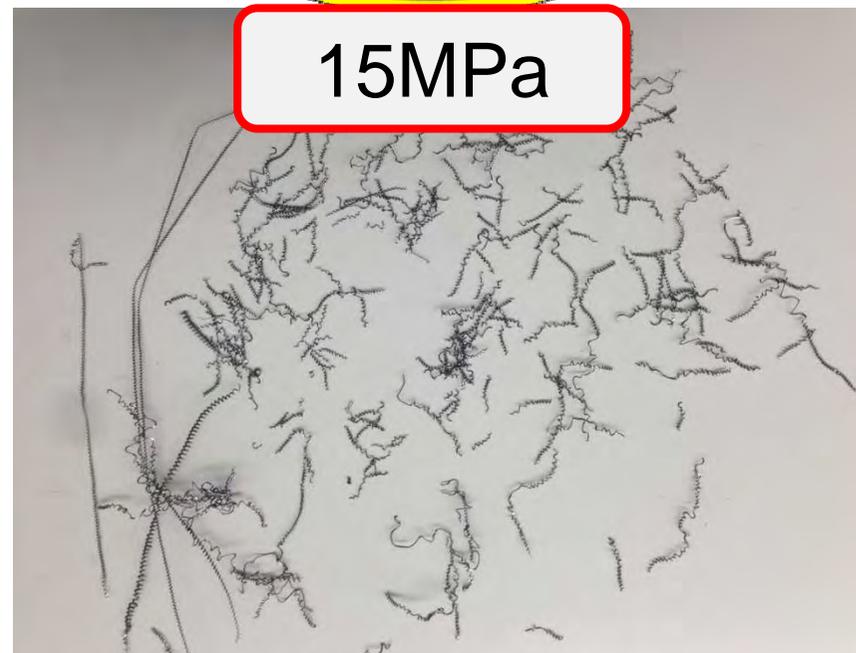
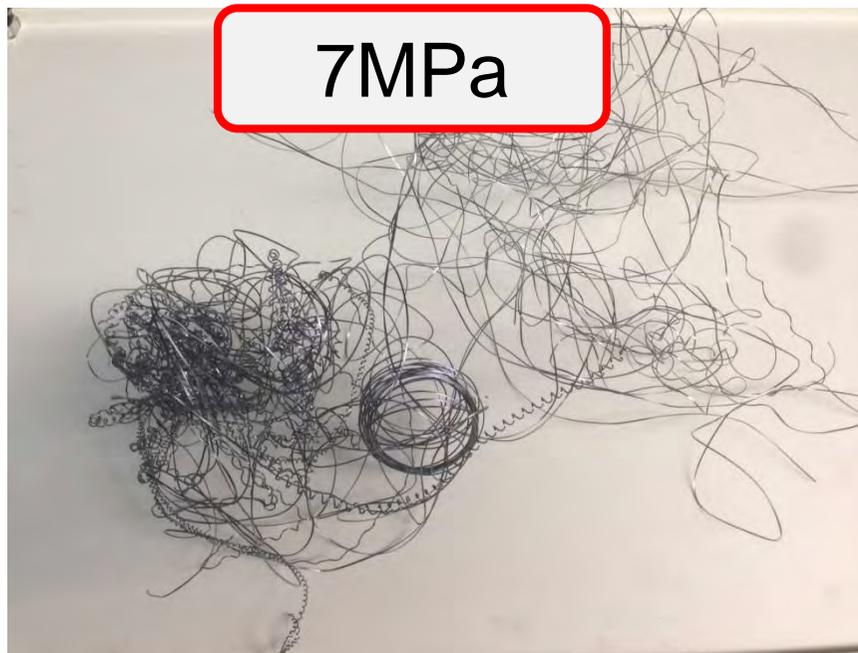
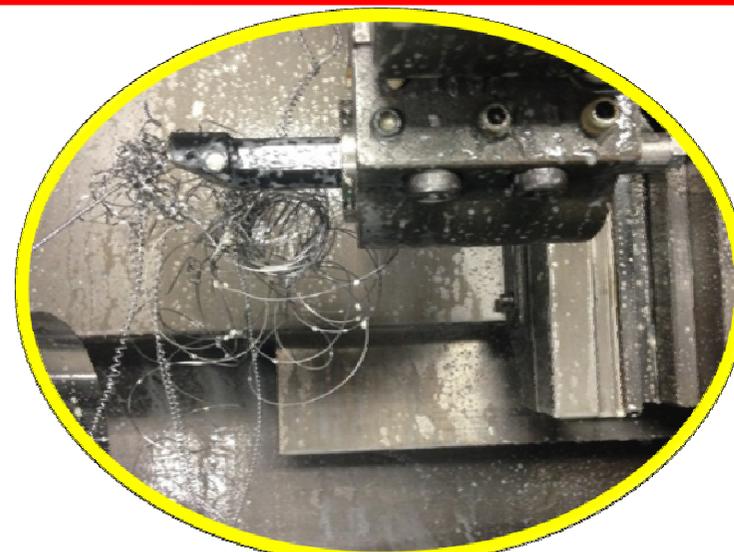
7MPa

14MPa



内径加工

$V_c=200\text{m/min}$
 $f_n=0.2\text{mm/rev}$
 $a_p=0.2\text{mm}$



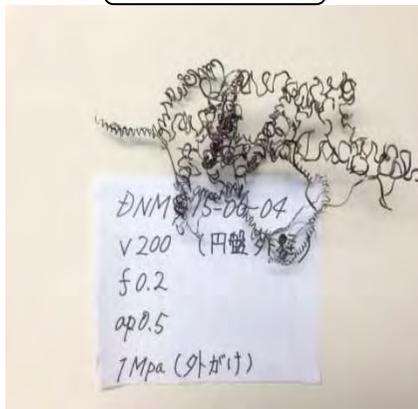
SPHC (熱間圧延軟鋼板)

外径切削 Outer Cutting

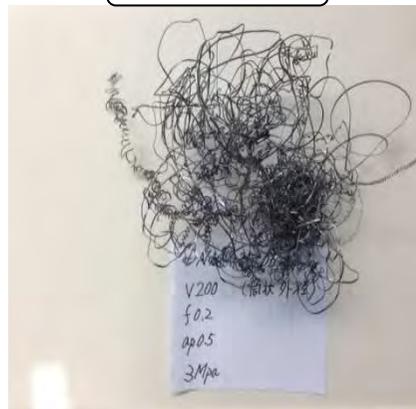
Steel Plate Hot Commercial

PDJNL 2525M-15HP
DNMG 150604 LC1515
Vc 200m/min fn 0.2mm/rev ap 0.5mm

1MPa



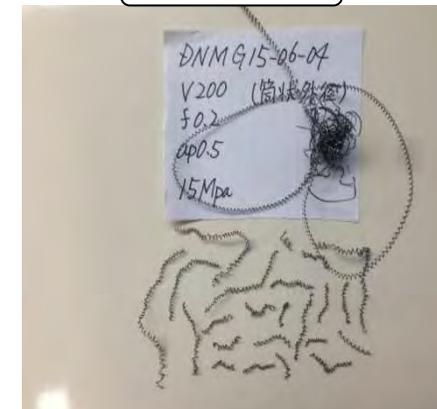
3MPa

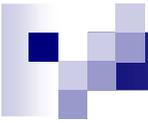


7MPa



15MPa





SPHC 熱間圧延軟鋼板

Steel Plate Hot Commercial
AT · Part

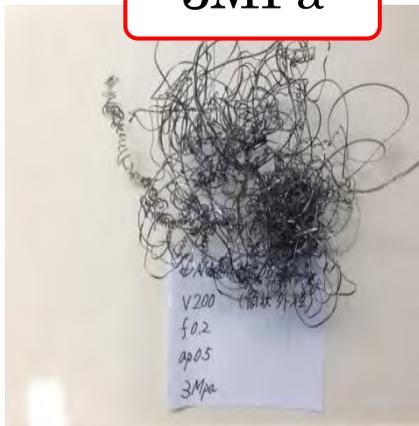


torque converter

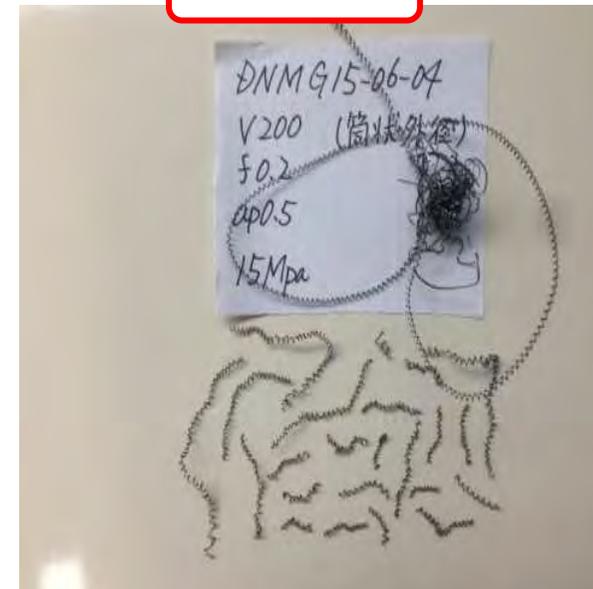
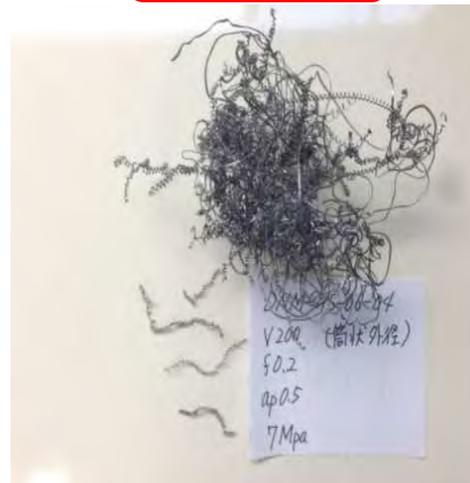
Vc=200
f=0.2mm/rev
p=0.5mm

15MPa

3MPa



7MPa



SCM435 仕上切削

Finish Cutting

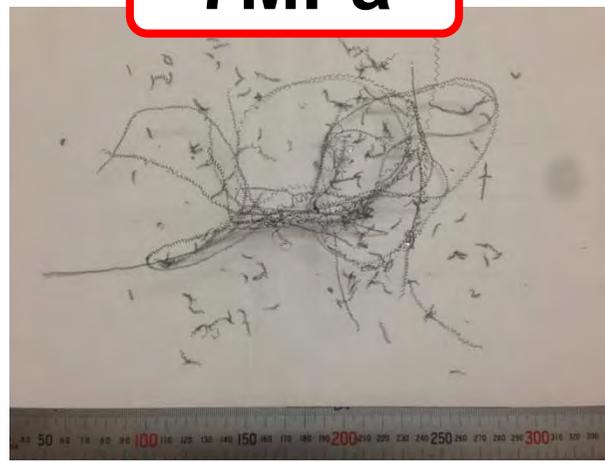
鍛造品 Casting work



$V_c=150\text{m/min}$
 $f_n=0.1\text{mm/rev}$
 $a_p=0.1\text{mm}$

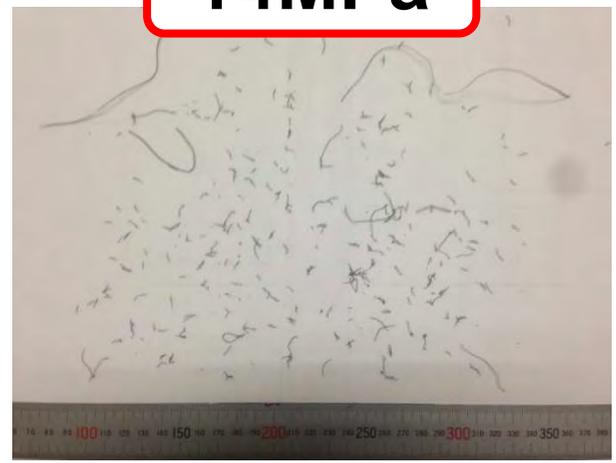


7MPa



$V_c=200\text{m/min}$
 $f_n=0.1\text{mm/rev}$
 $a_p=0.1\text{mm}$

14MPa



SCM435であっても、
鍛造品の為、巻き付き
が発生

SUS304の外径旋削加工

PDJNL 2525M-15-JHP
DNMG 150604
 $V_c = 120\text{m/min}$
 $f_n = 0.1\text{mm/rev}$
 $a_p = 0.5\text{mm}$

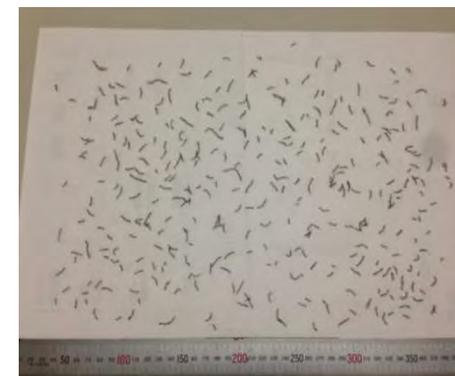
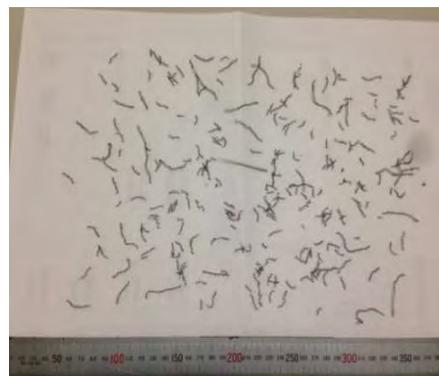
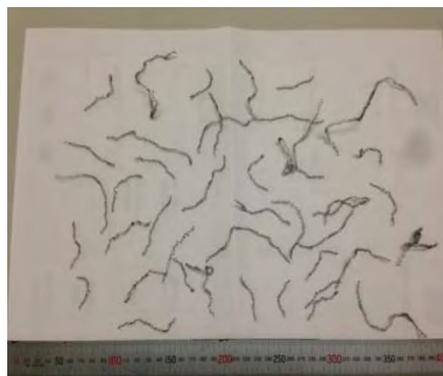
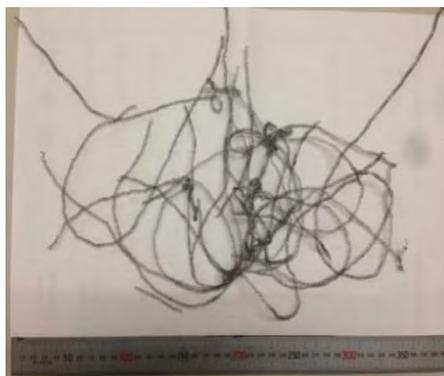


1MPa

7MPa

14MPa

20MPa



SUS316切削試験

Cutting test of stainless steel



テスト機械

NT4250DCG

工具

インサート型式:
SNMG120408-MM

インサート材質:
2025



切削条件

切削速度 m/min	235
送り速度 mm/rev.	0.3
切込み量 mm(片肉)	2.0
クーラント圧力 MPa	0.2・3.5・14.0
ノズル径 mm	1.0

超高压クーラント装置仕様

ポンプ最高圧力 14MPa(21)

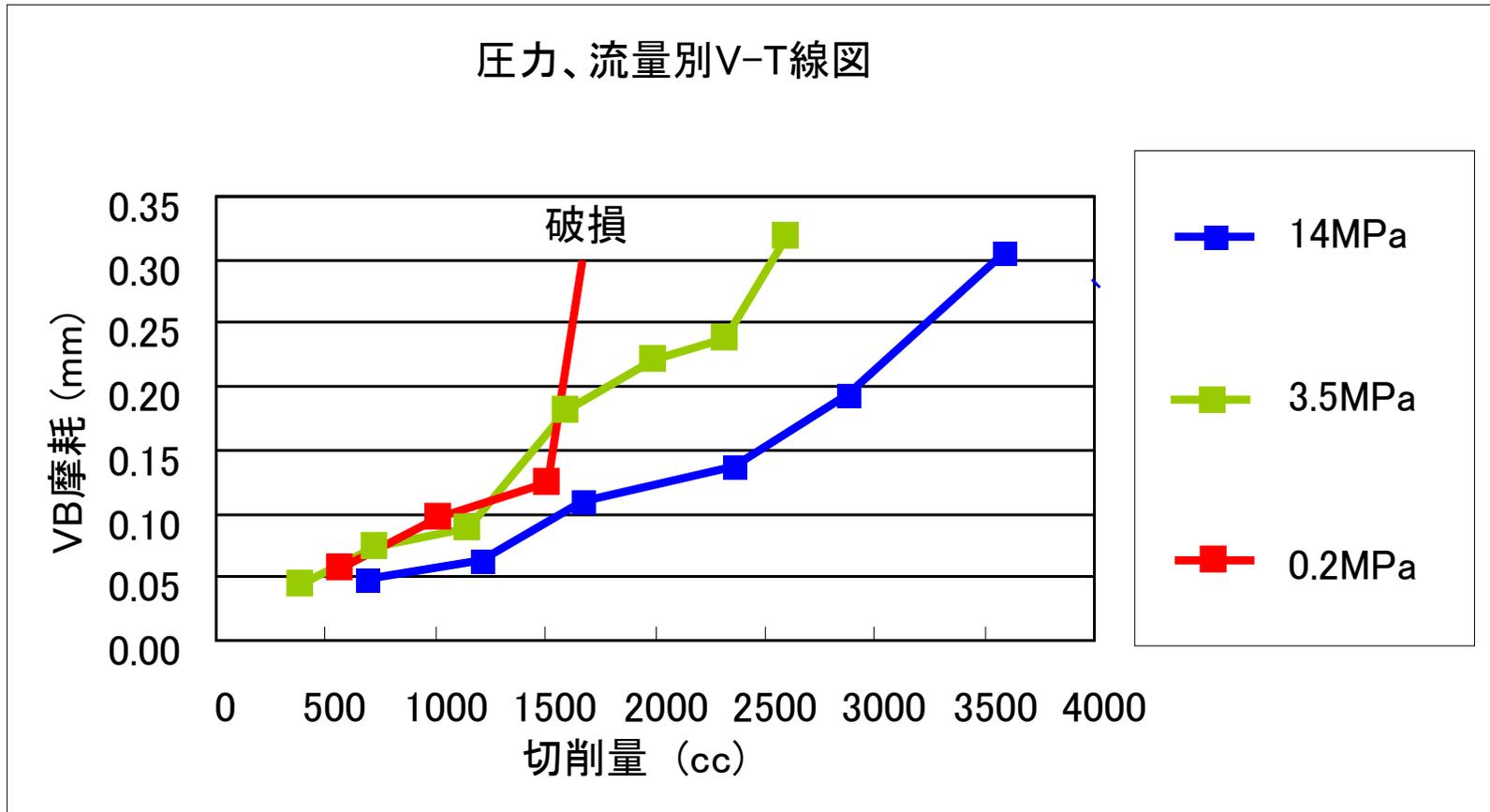
ポンプ最大吐出量 45L/min

モーター 18.5KW

クーラント圧力とVB磨耗・切削量

Coolant pressure VS VB Damage

被削物 **SUS316**・ $V=235\text{mm}$ / 外部クーラント・ $3.5 \cdot 14\text{MPa}$ 比較



14MPaでは3.5MPaの約1.5~2倍の切削量が得られた

NC 旋盤・超高压クーラント化

Lathe converts into Ultra- high pressure

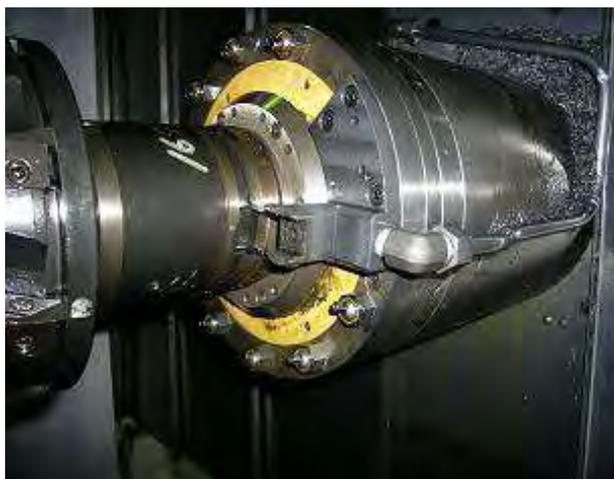
PAT.P



サイドスルー・クーラント

Side Bypass

PAT.P



機械主軸を通過しない（バイパス）為
主軸耐圧改造を必要としない

※現在仕様としては、2～3MPaが主流
であるが、近々超高压仕様の登場可能性

HPC DRILL

PAT.P

HPC U-TUBE ([Drilling](#) coolant animation)

http://www.youtube.com/drill_difference

Drilling 30XD Difference

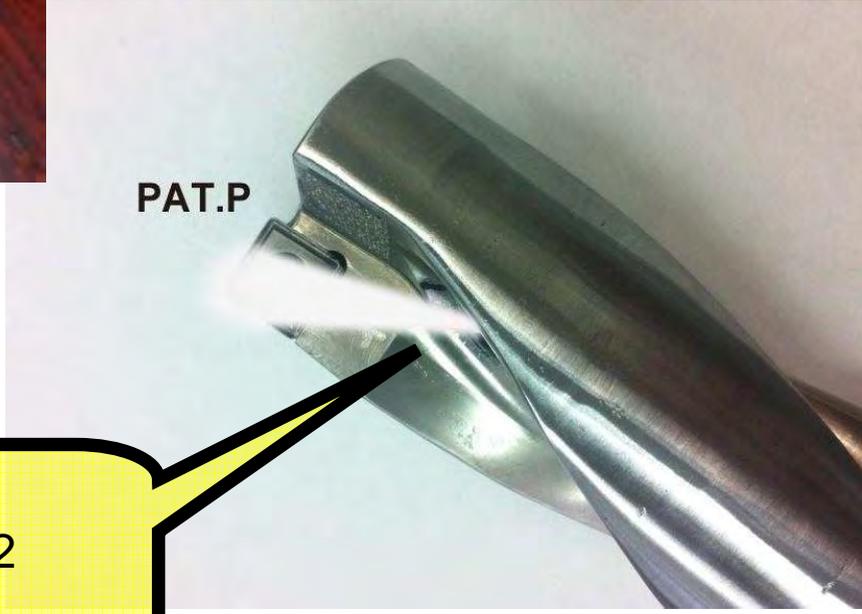


PAT.申請

HPC-DRILL



クーラン口径が大きい



2-φ1.2

生産性のメリット

Productivity

A社の場合（2シフトの場合）

3,500円/hで2シフトが

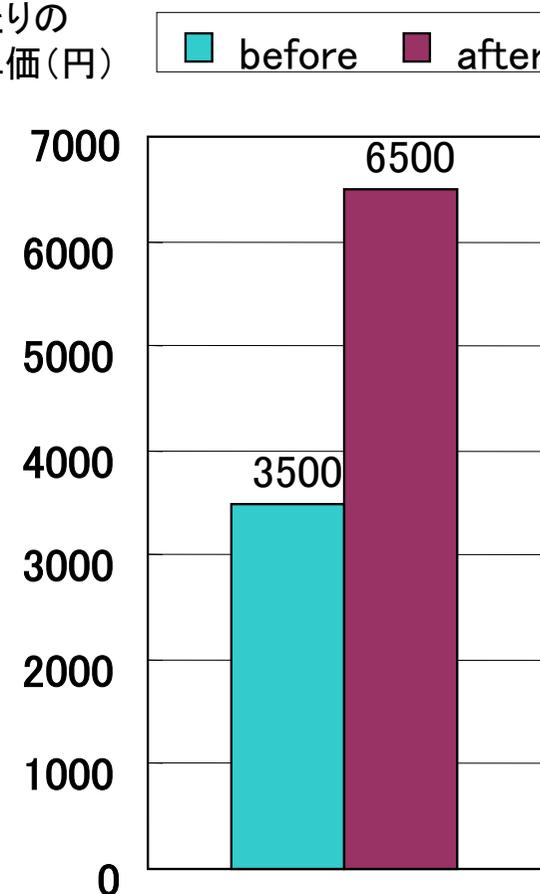
6,500円/hに改善した場合(180%)

年間で考えると

$(6,500 - 3,500) \text{円} \times 8\text{h} \times 2 \times 20\text{日} \times 12\text{ヶ月}$

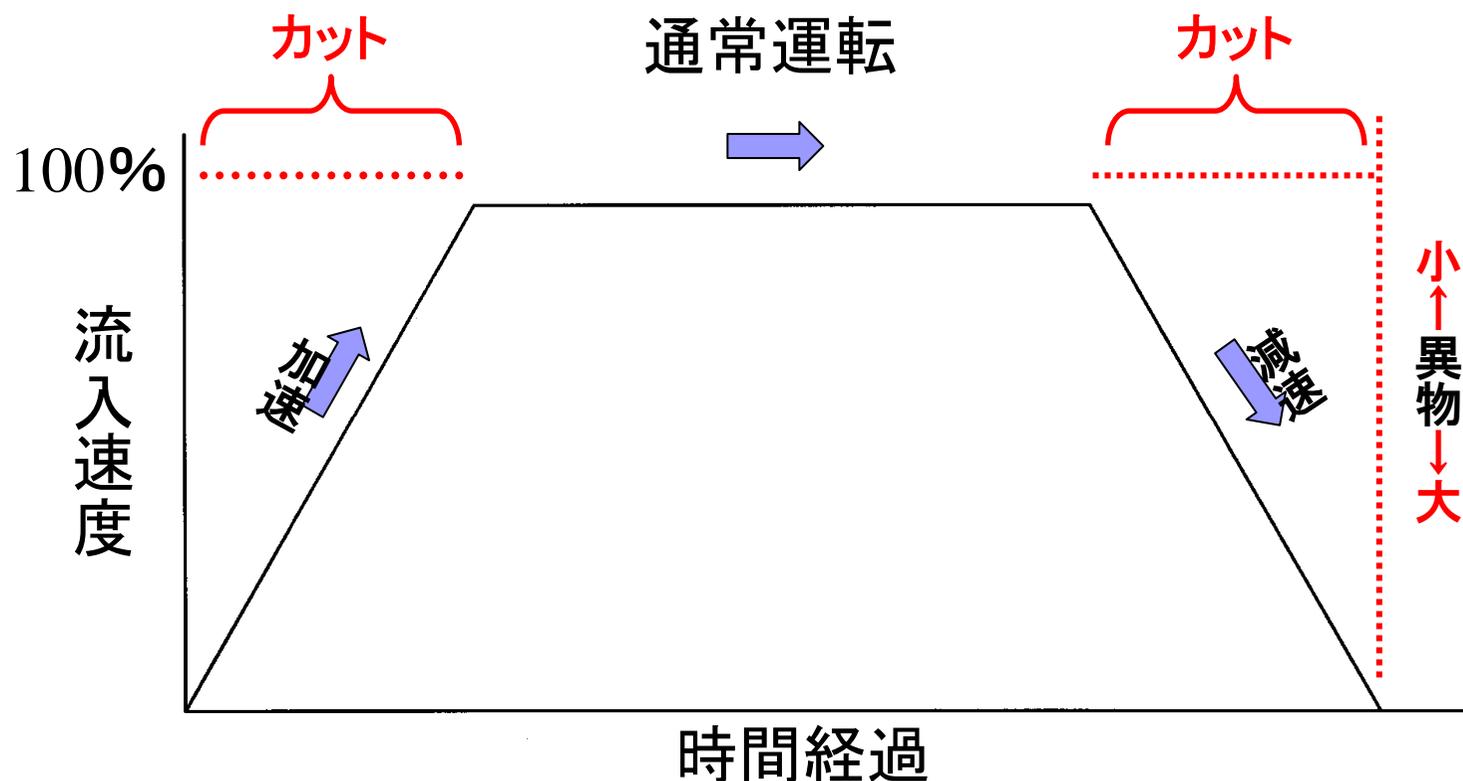
$= 11,520,000 \text{円}$ の生産性向上

1Hあたりの
生産単価(円)



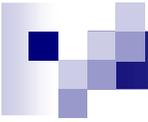
サイクロンセパレータと濾過精度

Cyclone separator & Filtration Level



■供給ポンプの起動・停止時（サイクロンセパレータへの流入速度加速・減速）はろ過精度は低下

■供給ポンプの起動・停止時のサイクロンセパレータへの流入をカットし、本来のろ過精度を保持制御



TOKUPI

ご静聴ありがとうございました
Thank you for your attention.

株式会社トクピ製作所

森合主税

TOKUPI MFG. CO.,LTD.

CHIKARA MORIGO

tinycm@yahoo.co.jp