ノート

高圧クーラントによる析出硬化系ステンレス鋼の高能率旋削加工

田村　信*　石川　淳*　須藤　貴裕*　相田　収平*

High Efficiency Turning of Precipitation Hardening Stainless Steel with High Pressure Coolant

TAMURA Makoto*, ISHIKAWA Atsushi*, SUTOH Takahiro* and AIDA Shuhei*

1. 緒　　言

航空機産業を中心に析出硬化系ステンレス鋼，チタン合金，ニッケル基超耐熱合金などの難削材の加工が増加している。これら難削材の加工では加工能率の向上が求められているが，いずれの材料も熱伝導率が小さく，切削熱が刃先に蓄積し局部的に高温になるため，切削速度を上げて加工能率を高めることが難しい。

このような材料を高能率に加工する技術として，近年，高圧クーラント援用旋削加工が注目されている。この技術はクーラントを加圧してチップ先端に向けて供給する方法で，期待される効果は，①刃先の強制冷却によるチップ寿命延伸と高能率加工の実現，②切り屑の強制排出による面品位向上と無人運転化などである。

当所では平成 27 年度航空機産業参入推進事業において，高圧クーラントユニット付き旋削加工装置を導入し，難削材加工の高能率化を目標に高圧クーラント援用旋削加工技術の開発を進めている。

本報は，この装置を用い，析出硬化系ステンレス鋼 SUS630 を供試材としてチップの寿命試験を行い，高圧クーラント援用による高能率化を検証した結果を紹介する。

2. 高圧クーラントユニット付き旋削装置

図 1 に実験に用いた装置の外観写真と構成図，表 1 に主な仕様を示す。クーラント吐出圧力（以下，クーラント圧）は最大 15MPa であり，NC により任意に設定可能である。ポンプで加圧されたクーラントは配管により旋盤本体に送られ，ホルダに取り付けたノズルから切削加工点に向け供給される。

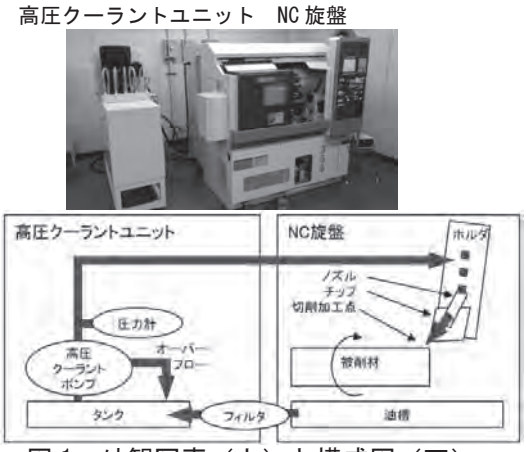

図 1　外観写真（上）と構成図（下）

表 1　高圧クーラントユニット付き旋削装置の主な仕様

NC 旋盤	
メーカー/型番	（株）滝澤鉄工所 / TCN-213J
最大加工径/長さ（mm）	370 / 301
主軸回転数（min^{-1}）	100～5000
軸移動量 X/Z（mm）	210 / 370
切削送り速度 X/Z（m/min）	0～20 / 0～24
高圧クーラントユニット	
メーカー/型番	小倉クラッチ（株） / OJ150BB37-BF
最大吐出圧力（MPa）	15
最大吐出量（L/min）	35

＊　研究開発センター

3. 試験方法

3.1 供試材

析出硬化系ステンレス鋼は，耐食性，耐摩耗性，高強度が要求される航空機材料として広く使われている。本研究では，その代表鋼種である SUS630 の中実丸棒（直径 75mm，長さ 120mm）を使用し，供試材には，固溶化熱処理後（1038℃/AC），析出硬化熱処理（482℃/AC，H900）を施した。硬度は 42HRC である。

3.2 工具

チップは（株）タンガロイ製 CNMG120404-SM-T6130 を用いた。これは頂角 80° のステンレス鋼加工用である。図 2 にホルダおよびノズルの外観を示す。ホルダは（株）タンガロイ製高圧クーラント用ホルダ PCLNR を用いた。このホルダには，チップすくい面に加圧されたクーラントを供給するためのノズルが取り付けてある。ここで，図 3 にクーラント圧とクーラント流量およびノズル出口におけるクーラント流速の関係を示す。流量は実測した値，流速は流量より計算により求めた値である。いずれもクーラント圧が高いほど大きな値を示す傾向がみられる。

3.3 チップ寿命試験方法

表 2 に試験条件を示す。高能率化を検証する際の基準条件は，工具カタログ [1]に記載されている標準切削条件を参考に，切削速度を V=100m/min，クーラント供給を通常外部クーラントとした（条件 1）。なお，通常外部クーラントは一般的に用いられる外部供給方式のクーラントを示す。

条件 2～4 は，切削速度を条件 1 に比べ 1.5 倍の加工能率となる V=150m/min，クーラント供給を，それぞれ，通常外部クーラント，10MPa，15MPa の高圧クーラントとした。

チップ寿命試験は各条件において供試材外径を旋削加工し，切削距離 60~90m ごとにチップの摩耗状態をマイクロスコープにより観察した。

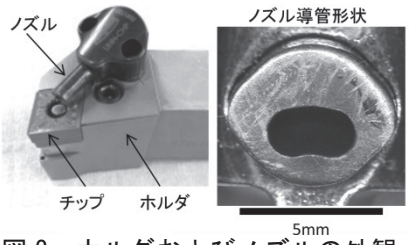

図 2 ホルダおよびノズルの外観

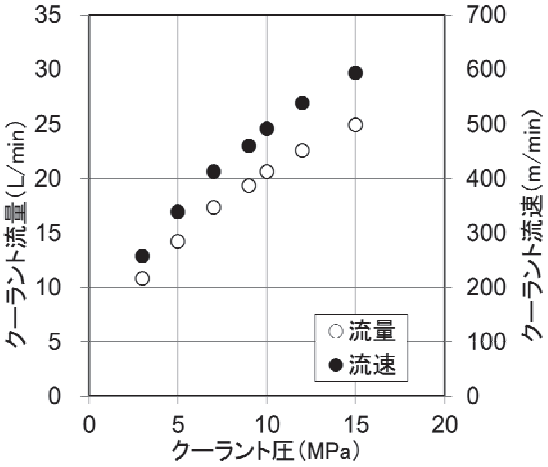

図 3 クーラント圧と流速，流量の関係

表 2 寿命試験条件

	条件 1	条件 2	条件 3	条件 4
切削速度 V (m/min)	100	150		
クーラント供給（MPa）	通常外部クーラント		高圧クーラント	
			10	15
送り f (mm/rev)	0.2			
切り込み ap (mm)	1.0			
クーラント液	Blaser Vasco5000（水溶性） 10 倍希釈			

チップ寿命は，チップの逃げ面の最大摩耗幅 V_B が 0.2mm に達した時点とした。

4. 試験結果

通常外部クーラントにおけるチップ寿命を把握するために，条件 1 と条件 2 の試験を実施した。図 4 に切削距離と V_B の関係を示す。条件 1 におけるチップ寿命は約 700m，条件 2 は約 60m であった。基準条件に対して切削速度を 1.5 倍にすると寿命が 1/10 以下に低下することがわかる。

次に高圧クーラント援用による高能率化を検証する目的で，条件 3 と条件 4 の試験を実施した。図 5 に切削距離と V_B の関係を示す。条件 3 におけるチップ寿命は約 1100m，条件 4 は約 1600m であり，クーラント圧が高いほど長寿命であった。またこれら寿命は，基準である条件 1 に比べてそれぞれ約 1.6 倍（条件 3），約 2.3 倍（条件 4）となり，1.5 倍の切削速度にもかかわらず，高圧クーラントを援用することでチップ寿命が延伸することがわかる。

以上より，高圧クーラント援用が高能率化とチップ寿命の延伸に寄与することがわかった。より高能率な加工を実現するためには，チップ寿命とクーラント流量および流速との相関や被削材種の影響などを明らかにする必要があることから，次年度も継続して研究を行う予定である。

5. 結　　言

（1）SUS630 の外径旋削加工において，基準条件（V=100m/min）に対して，高圧クーラントの援用により 1.5 倍の高能率化（V=150m/min）と 2 倍のチップ長寿命化の両立が可能である。

（2）SUS630 の外径旋削加工において，高能率化，チップ寿命の観点から高圧クーラントを援用する場合のクーラント圧は，高いほど効果的である。

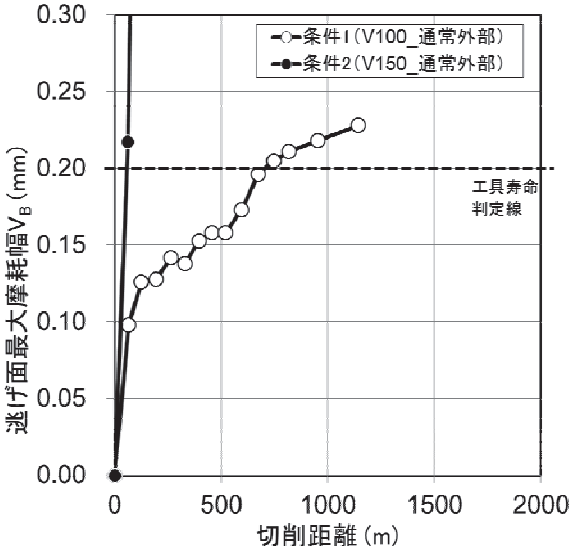

図 4　切削距離と逃げ面最大摩耗幅 V_B の関係（通常外部クーラント）

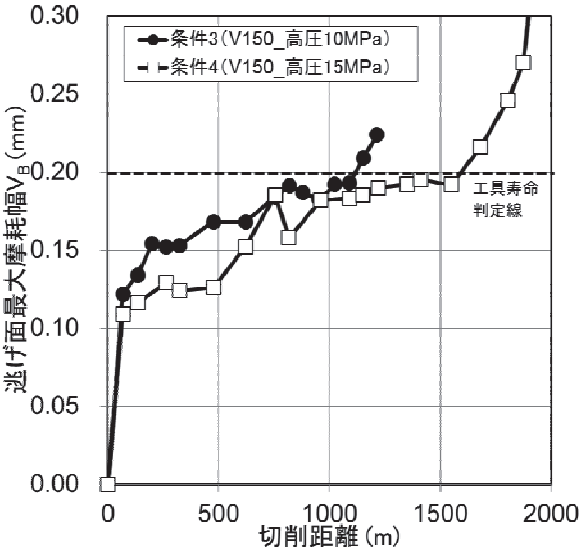

図 5　切削距離と逃げ面最大摩耗幅 V_B の関係（高圧クーラント，V=150m/min）

参考文献

1）切削工具カタログ，株式会社タンガロイ，（2013-2014），p.2-6.