

## 黒皮重切削用工具の高性能化

(チップ形状およびコーティング被膜の検討)

(株)日鋼機械センター 早川保 和田侯衛 青野文朗 佐藤功一 ○高佐成樹  
北海道住電精密(株) 内野克哉

### 要 旨

本研究では、被削材材質や形状および表面性状など多岐にわたる要因により、非常に不安定な加工を強いられている超大型旋盤での大型鍛鋼品の黒皮重切削において、形状やコーティング被膜に変化を与えた超硬スローアウェイチップを適用して、安定かつ効率的な切削を実現させた。

### 1. 緒 言

大型鍛鋼品の鍛錬後(以下、黒皮と称す)の粗加工は、切削抵抗が大きくかつその変動が激しいため、機械加工のなかで最も過酷なものであり、切削工具や工作機械に与える悪影響が他の加工と比較してはるかに大きい。この加工条件は、黒皮品の表面性状(鍛錬形状および表面酸化スケール)や製品の材質などに大きく左右され、加工形状が同一でもその素材形状の違いから加工時間に大きな差が生じている。機械加工工程の中で約20%の割合を占めるこの黒皮重切削では、加工単価および使用する工具費が高価なため、黒皮加工時間短縮による加工コスト低減の効果は大きい。

そこで、超大型旋盤で加工される黒皮品(ロータ軸、ロール、一般軸物)を対象に、工具の高性能化による黒皮重切削の効率化を検討した。

### 2. 方 法

黒皮加工に用いられる現状工具の形状は、型押成形品では最大級(31.75×31.75×9.52 mm<sup>3</sup>)の32角穴付きスローアウェイチップである。またその材質は、WCとCoを主成分とする焼結超硬合金に、TiC、TiCN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>などの硬質セラミックを被覆した被覆超硬合金(コーティング超硬工具)である。この工具を使用するにあたり

①硬質の黒皮酸化スケールによって機械的すきとり摩耗や塑性変形が生じ、短時間で寿命に至る

②衝撃を緩和するため低速・大切り込み切削にならざるをえず、熱的損傷であるすくい面摩耗が進行しやすい

③被削性の異なる多種多様の被削材材質に対して、市販品の工具材種・ブレード形状が少ない

などの問題点がある。

これらを解決すべく3つのアプローチ(超硬合金母材・コーティング被膜・ブレード形状)から、現状工具の改良を行った。

加工を行う超大型旋盤の仕様を表1に、また代表的な被削材材質の特性と形状および加工条件を表2に示す。

表1 代表的な加工機械仕様(超大型旋盤)

機 械	A	B	C	D
最大加工径(mm)	3,980	3,300	2,480	2,200
最大加工長(mm)	20,000	13,600	20,000	16,400
最大加工重量(t)	350	350	100	100
主モータ出力(kW)	DC370	DC315	DC185	DC160

表2 代表的な被削材材質の特性と形状

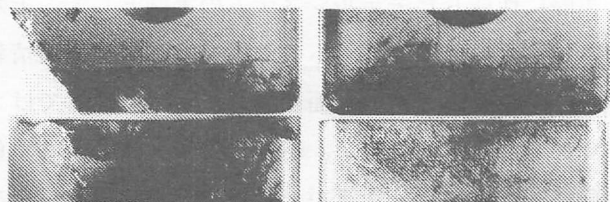
製 品 名	ロータ軸	ロール	一般軸物
材 質	NiCrMoV	CrMo	炭素鋼
硬 度 (HS)	30~35	40~50	26~34
引張強度(kgf/mm <sup>2</sup> )	70~90	80~90	50~70
伸 び (%)	15~20	10~15	25~35
加 工 径 (mm)	2700	1600	1500
加 工 長 (mm)	6200	3200	3600
重 量 (t)	285	50	50
切削速度(m/min)	35~45	30~40	60~70
送り量(mm/rev)	1.0~1.2	0.9~1.0	1.1~1.2
切込み量(mm)	0~52	0~52	0~52
切削時間(min)	~60	~50	~90

### 3. 結果および考察

#### 3-1. 超硬合金母材の改良

超大型旋盤を用いた強断続黒皮加工では、切削水を使用すると飛散が多く回収が困難であり、また過冷却により工具の熱亀裂を助長する危惧もあり、ドライ切削にならざるを得ない。このため工具にこもる切削熱は一般の切削と比較して非常に高く、また多大な切削応力も手伝ってノーズ部に塑性変形を生じ、最悪の場合欠損に至る。そこで、従来のTiC、TiNに代えて、高温特性(硬度および靱性)に優れるZrCNを超硬合金母材に適量添加した、住友電工製の超硬合金を適用し、母材自体の靱性増加を図った。

図1にロータ軸加工における工具損傷状態を示す。母材組成を変化させて、高温においても強度を維持することで、黒皮酸化スケールによる影響を大幅に軽減することが可能となり、工具の耐欠損性が向上した。



a)改良前(切削時間13分) →ノーズ部欠損  
b)改良後(同60分) →ノーズ部健全

図1 耐欠損性向上例

#### 3-2. コーティング被膜の改良

従来のCVDコーティング被膜では、母材表面にもろ

い層が生じやすく、この層から膜がはく離することで母材が露出し、摩耗が急速に進行して寿命に至ることが多い。そこでこの脆化層の生じにくいCVD法を採用し、前述の強靱母材と下地膜との密着度を強化させて、耐機械的摩耗性および耐はく離性に優れた膜構成とした(図2-b/NRコート)。

また、ロータ軸の加工では、その被削材材質の特徴から熱的損傷であるすくい面摩耗の進行が顕著であるため、耐熱性・耐酸化性に優れた $Al_2O_3$ を通常厚さの2~3倍にコーティングした(図2-c/F1コート)。

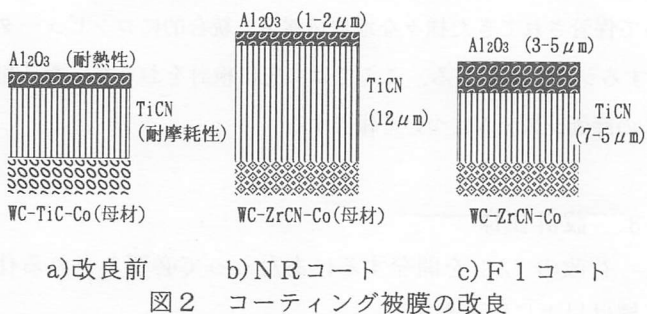


図2 コーティング被膜の改良

図3にNRコートの適用結果を示す。改良前と比較して逃げ面摩耗幅が大幅に減少しており、これによってチップの長寿命化および安定切削が可能となった。

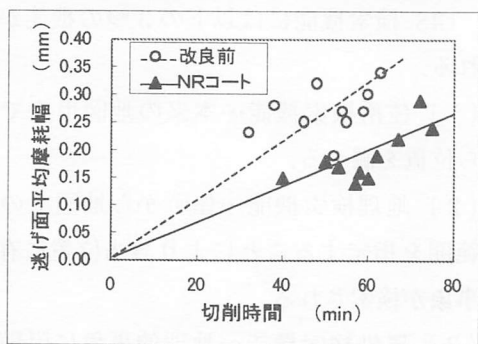
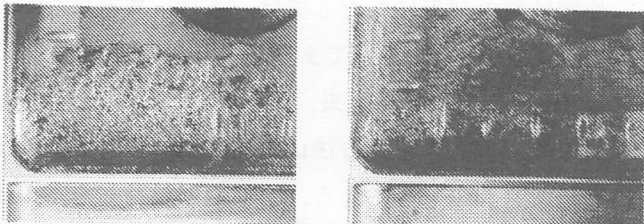


図3 耐逃げ面摩耗性向上例

図4にF1コートの適用結果を示す。熱的損傷であるフレーキングが抑制され、すくい面摩耗深さが1/3まで減少しており、長寿命化が可能となった。



b)NRコート ( $K_t=0.36mm$ )      c)F1コート ( $K_t=0.12mm$ )

図4 耐すくい面摩耗性向上例(切削時間78分)

### 3-3. ブレーカ形状の改良

被削材材質により、求められるブレーカ性能が大きく異なる。すなわち、ロータ軸材のように非常に靱性の高い材質では切り屑が伸びやすく、ロール材のように高硬度の材質では切り屑分断時の振動が大きい。そこで、被削材別にブレーカ形状を作製し、切り屑分断をコントロールすることで工具寿命の延長と切削条件の向上を図った。

作製した3種類のブレーカ形状を図5に示す。

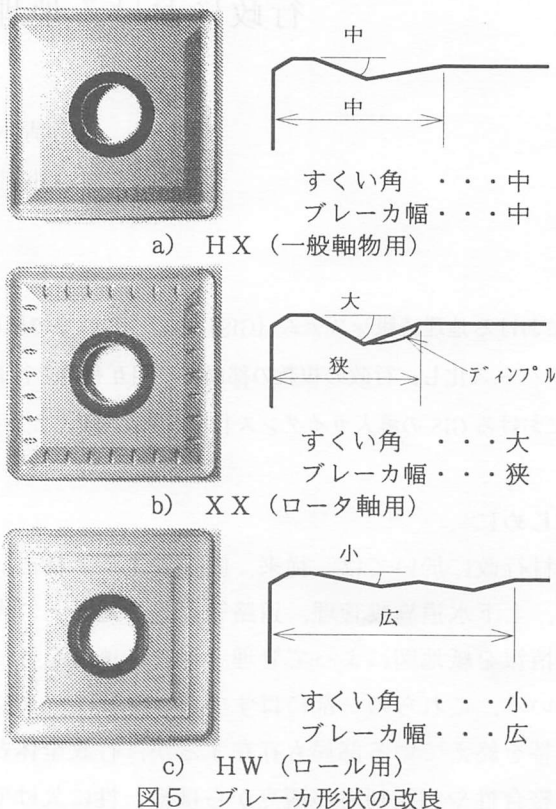


図5 ブレーカ形状の改良

一般軸物用(HX)には、汎用性に富むすくい角とブレーカ幅を持たせた。これにより、ほとんど全ての被削材材質にて安定した加工が可能となった。

ロータ軸用(XX)では、すくい角を増加させて強ブレーキングを促し、また複数のディンプルを配置することですくい面での発熱を抑制させる効果を狙った。この結果、長時間加工しても細かく分断された切り屑の形状は変化せず、終始安定した切り屑排出性能を示した。

ロール用(HW)では、すくい角を緩めてかつブレーカ幅も広くとることで切削抵抗の低減を図った。この結果、切削時の振動を抑え、送り量を増加させることが可能となった。これまで、切削速度の増加が頭打ちであったロール加工において、送り量増加による加工の効率化が実現できた。

## 4. 結言

安定かつ効率的な黒皮重切削を行うため、3つのアプローチから現状工具の改善を行い、以下の結論を得た。

(1) 超硬母材材種をより高温強度に優れるものへと改良することによって、靱性が增大して耐欠損性が大幅に向上し、工具の長寿命化が可能となった。

(2) コーティング被膜を耐機械的摩耗性・耐はく離性に優れたもの、および耐熱性・耐酸化性に優れたものに改良することによって、それぞれ耐逃げ面摩耗性、耐すくい面摩耗性が向上し、工具の長寿命化が可能となった。

(3) ブレーカ形状を被削材の特性に適合させるよう変更し、被削材別に使い分けることで、最適な切削条件下で安定した加工を行うことが可能となった。