



室蘭工業大学

学術資源アーカイブ

Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive



## 多合金鋳鋼の切削加工技術の研究開発

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学地域共同研究開発センター 公開日: 2019-03-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 清水, 一道, 楠本, 賢太, 原, 宏哉, 伊藤, 淳 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10258/00009774">http://hdl.handle.net/10258/00009774</a>

# 多合金鋳鋼の切削加工技術の研究開発

清水 一道\*1, 楠本 賢太\*2, 原 宏哉\*3, 伊藤 淳\*3

## 1 はじめに

種々の合金元素を添加した球状バナジウム炭化物含有高マンガン鋳鉄（以下 SCI-VMn）は優れた耐摩耗材料として、スクリーやプロペラ等のポンプ関連の部品として使用されており、今後広範な応用が期待されている。しかしながら、SCI-VMn はオーステナイト系基地組織を有し、切削加工の際に生じる加工硬化で加工が困難となる難削材である。通常、高マンガン鋼は被削性で大別すると大きく三つに分けることが出来る。低 C・高 Mn 系（C≒0.4～0.1%, Mn≒20～28%）、中 C・中 Mn 系（C≒0.75～0.4%, Mn≒15.5～20%）、高 C・低 Mn 系（C≒1.4～0.8%, Mn≒10～15%）である。高マンガン鋼において、C が高くなり、Mn が低くなることで更に被削性は悪化する。今回、実験に使用する供試材は、C≒2.0～3.5%, Mn≒12.0～13.0% であることから、被削性が悪いことが伺える。この供試材は被削性が悪いが故に、加工性が明確にされていないことが影響し、加工範囲が限定されているのが現状である。

そこで本研究の目的として、SCI-VMn の加工性を明確にするために、切削する条件（工具材種・加工速度・切込量・被削材と工具の角度等）を変えて切削加工実験を行うことで、切削条件に起因する加工硬化の影響を調査した。

## 2 切削条件

切削工具は先端半径 3mm の 2 枚刃ボールエンドミル（L/D=3 工具突き出し長さ L=18mm）として、高硬度材料の加工に適した超硬材質に表面コーティングを施したものと CBN 工具を使用した。使用した各工具を表 1 に示す。被削材を表 2 に示す C 量を調整した 4 種類の高マンガン鋳鉄とした。各被削材の組織写真を図 1 に示す。加工方法として 50mm×50mm×15mm の被削材を切削動力計（キスラー社製 3 成分動力計 9257B）の上に取り付けられたチャックに取付け、ボールエンドミルで平面加工を行い、切削抵抗の大きさと工具の損傷状態で切削条件を評価した。切削条件として、荒加工では切込み深さ 0.5mm、送り 0.04mm 以上/刃、ピックフィード 1.0mm とし、仕上げ加工では、切込み深さ 0.2mm、送り 0.02mm 以下/刃、ピックフィード 0.5mm である。また、切削速度は被削材と接触する最大周速で表した。

予備試験において、背分力は切削の進行に対して主分力、送り分力よりもその増加が顕著であり、ある値以上で切削中の音や振動が大きくなることが明らかとなった。また、今回の切削試験においては工具の摩耗や損傷の形態が多種であるため、背分力の基準値を 500N とし、500N 以上となった際に工具寿命に達したと仮定した。

表 1 使用した工具

略記号	メーカー	型式	名称	材種	コーティング
GS	不二越	GSBH20300SF	GS MILLA-ドボール	超硬	Al-Ti-C 系積層コーティング
MVF	三菱マテリアル	VF2SBR0300S06	インバウトミラールコーティング	超硬	単一相ナノ結晶コーティング 硬さ HV3,700 酸化開始温度 1,300°C
TH	日立	EPBTS2060-TH	エポックTHハードボールストローク	超硬	Si 系ナノコンポジットコーティング 硬さ HV3,800 酸化開始温度 1,200°C
SB	住友電工	BNBS2060S	スズ/CBN350	CBN	

\*1：もの創造系領域機械工学ユニット 教授

\*2：もの創造系領域機械工学ユニット 助教

\*3：株式会社アールアンドイー

表 2 各被削材の化学組成

	C	Si	Mn	P	S	V
2.0%	2.1	0.58	12.1	0.04	0.01	10.2
2.5%	2.6	0.53	12.5	0.04	0.01	10.3
3.0%	3.0	0.56	12.8	0.04	0.01	10.5
3.5%	3.4	0.59	12.8	0.04	0.01	9.9

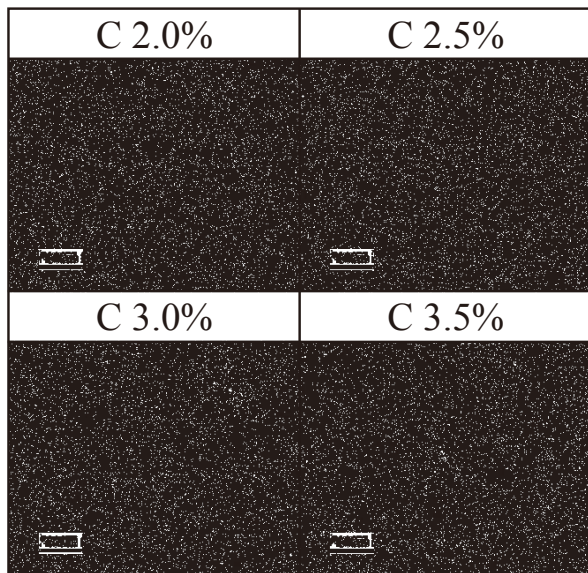


図 1 各被削材の組織写真

### 3 実験結果及び考察

#### 3.1 工具傾斜角と工具寿命

図 2、図 3 に荒加工における工具傾斜角と工具寿命の関係と加工終了時における工具の摩耗状態を示す。図 2 よりばらつきはあるものの、各工具において傾斜角を 20deg. にすることによって、切削時間による背分力の値が低下し、工具寿命が長くなることがわかった。しかしながら、図 3 より超硬工具 (TH) は傾斜角 0deg. における 60m/min の加工では特に境界部のチッピングや欠けが顕著であった。このことより超硬工具 (TH) では本実験で使用した高マンガン鋼を 60m/min 以上で加工するのは困難であると考えられる。

CBN 工具の摩耗は大半が正常なすきとり摩耗であり、CBN 工具の硬さが被削材に含有される非常に硬い炭化物に対抗できる硬さであるといえる。傾斜角を 40deg. とした試験を試みたが、加工によるビビリ振動が大きく工具が折損したため試験を中止した。本試験の傾斜角はワークに垂直で送り方向と平行な面に対して傾けたものであり、他の方向に傾けた場合の影響については今後の検討が必要である。

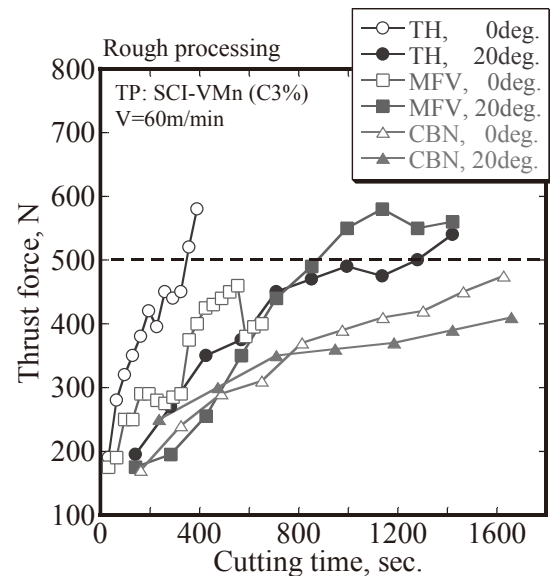


図 2 各工具の傾斜角度と背分力の関係

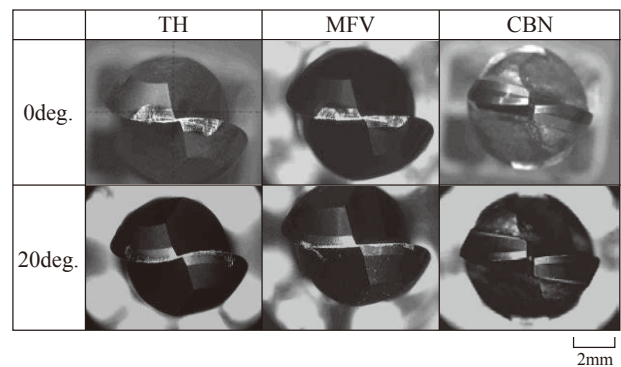


図 3 各工具における加工後の摩耗状態

#### 3.2 切削速度と工具寿命

図 4、図 5 に超硬工具 (GS) における仕上げ加工時の各切削速度の影響と加工終了時の工具の摩耗状態を示す。図 4 より仕上げ切削であるにもかかわらず、切削速度が 80m/min と 100m/min の場合において、短時間で工具寿命と設定した背分力 500N を超える結果となった。図 5 の加工後における工具損傷状態を確認したところ、80m/min では境界部が損傷し 100m/min では更に大きく損傷していることから切削速度が速すぎると考えられる。また、仕上げと荒切削は主分力と背分力との割合が異なり、仕上げ加工においては全切削抵抗に占める背分力割合が高いことが要因の一つと考えられる。そのため、背分力を寿命判定基準にする場合の工具寿命は、切込や送りよりも切削速度に依存していることがわかる。使用した超硬工具 (GS) においては切削速度 60m/min の時に 500N に達する加工時間が 10 分前後となっていることから、上限の切削速度を超えていると考えられる。

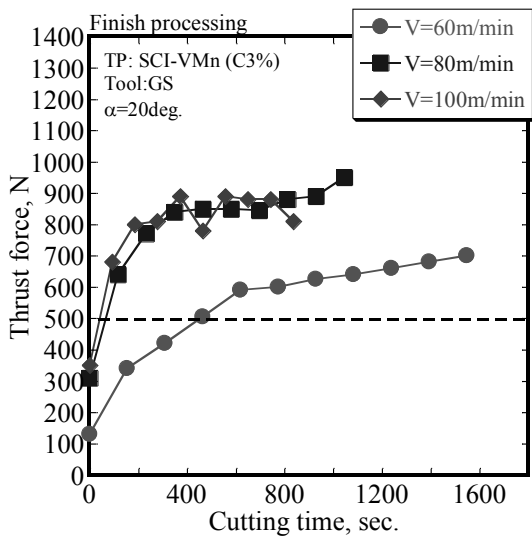


図4 切削速度と背分力の関係

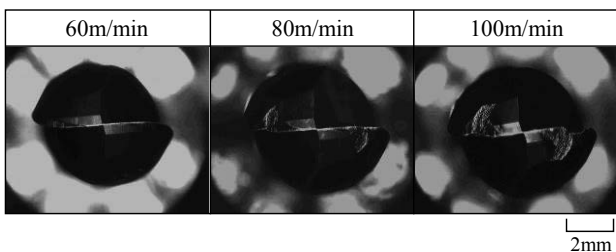


図5 切削速度における加工後の摩耗状態

図6、図7にCBN工具の切削速度及び傾斜角の影響と加工終了時の摩耗状態を示す。CBN工具の摩耗は傾斜角0degの切削速度160m/minを除いて、全てが正常なすきとり摩耗である。そのため、本被削材硬度に適応できた工具であるが切削速度160m/minは速すぎるため、60m/min前後が実用的であると考えられる。

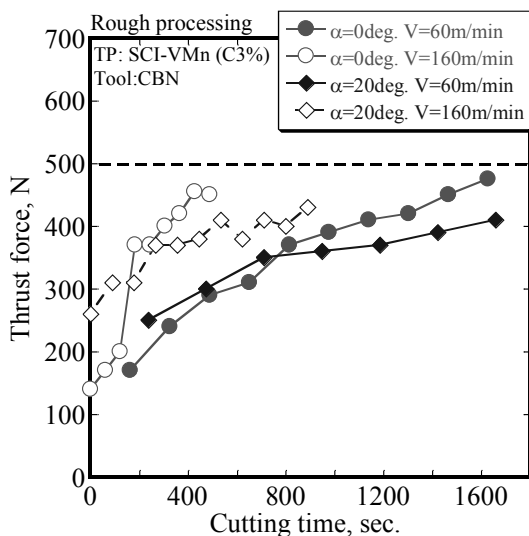


図6 CBN工具における切削角度と速度の影響

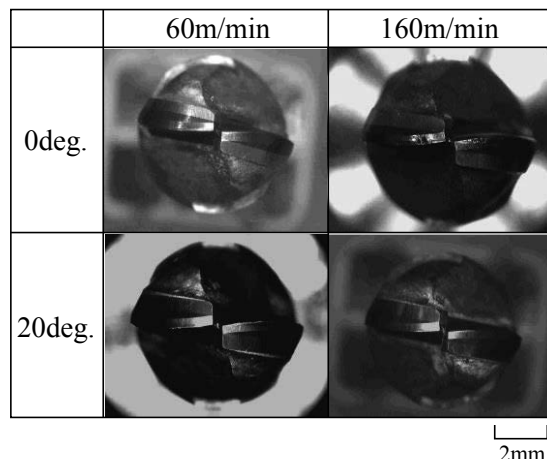


図7 CBN工具における切削後の摩耗状態

### 3.3 被削材のC含有量と切削抵抗

図8と図9に超硬工具(GS)における被削材中のC含有量の違いによる切削抵抗の変化と工具の摩耗状態を示す。ばらつきはあるものの、全体的に見ると切削条件にかかわらず、C含有量の増加に比例して工具寿命は短くなっていることがわかった。被削材の硬さはC含有量による違いがないことから、組織中に分散された球状炭化物が工具の損傷に大きく影響していると考えられる。

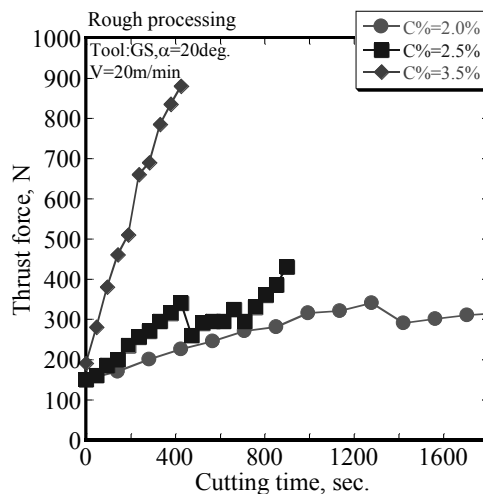


図8 炭素含有量による切削抵抗の変化

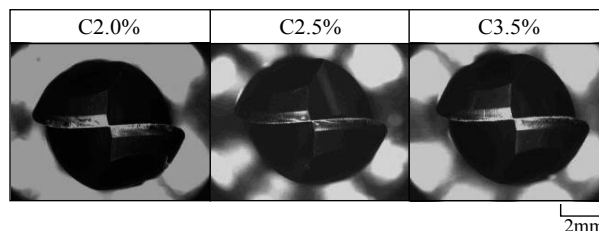


図9 各炭素含有量におけるCBN工具の摩耗状態

### 3.4 加工硬化による切削性能への影響

SCI-VMn が難削材である理由は、非常に硬い球状炭化物が分散されていることにあるが、それに加えて加工硬化を起こし易い特徴があるためと考えられる。そのため、加工開始からの切削長さごとの断面のビッカース硬さを測定した。図 10 と図 11 に切削長さ及び炭素量による断面硬さの結果を示す。C 含有量 3.0% の内部硬さは HV450 程度であった。従って、それ以上の硬さを示した部分は加工硬化したと考えられ、硬化層の最大硬さは HV800 程度となっていた。ばらつきはあるが C 含有量が高いものほど表面硬さは高く、硬化層深さも深くなっていた。図 12 に被削材を C3.0% として超硬工具(GS)で加工を行った内部組織写真と加工硬化後の写真を示した。本試験のエンドミル加工では加工硬化のないワイヤーカット面の切削とエンドミル加工した面での切削で、ほぼ同じ工具寿命であったことより、工具寿命を支配しているのは球状炭化物であり加工硬化の影響は少ないと考えられる。

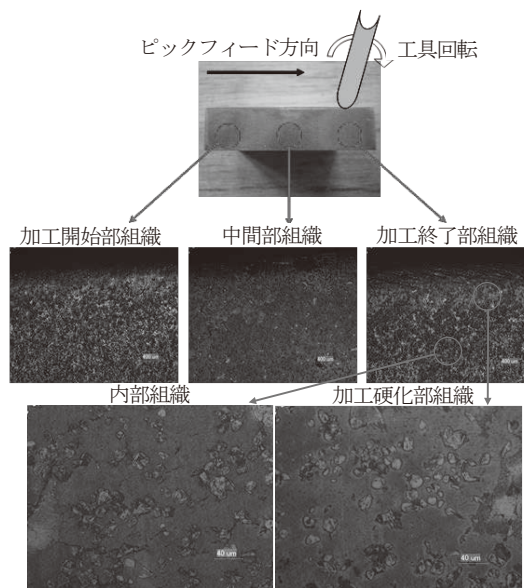


図 12 加工前後における組織写真

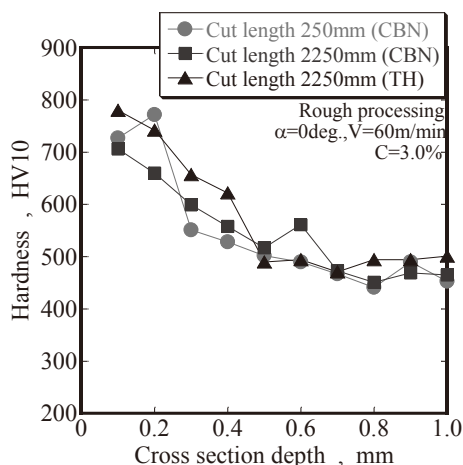


図 10 切削長さによる断面硬さ

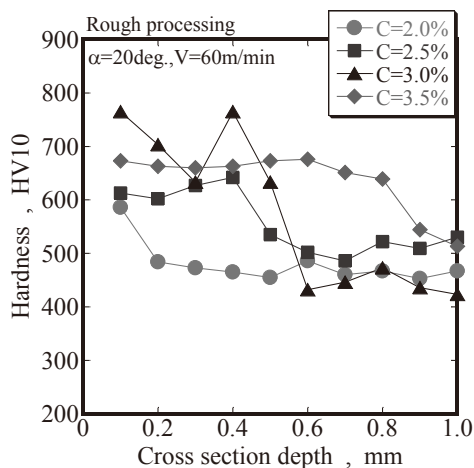


図 11 炭素含有量による断面硬さ

## 4 まとめ

本研究の目的として、難削材である SCI-VMn の加工性を明確にするために切削角度や加工速度などの条件を変更して加工実験を行い、切削条件に起因する加工への影響を調査した。その結果を以下に要約する。

- (1) 工具を被削材に対して 20deg.に傾けて加工することで切削時間による背分力の値が低下し、工具寿命を延ばすことが可能である。
- (2) CBN 工具は本被削材のエンドミル加工に有効であるが、超硬にコーティングした市販の高硬度材用の工具は寿命が短いだけでなくチッピングや欠けが発生するため実用的とはいえない。
- (3) 本被削材における CBN 工具の実用的な切削速度は約 60m/min 程度である。
- (4) 被削材の C 含有量が高いほど加工硬化が起こり易くなるが、加工硬化の有無による工具寿命は同等であった。このことから、工具寿命を支配しているのは球状炭化物であり加工硬化の影響は少ないと考えられる。

## 参考文献

- 1) 球相材料研究会編：京都発新材料の開発 球状炭化物 (2006), 日刊工業新聞社
- 2) 中満清博, 清水一道：鑄造工学, 68(1996), 772
- 3) 新巴雅尔, 清水一道, 他：鑄造工学, 82(2006), 344